

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

**Fakulta stavebná**

**Katedra dopravného stavitel'stva**

**Stanovenie miery zhutnenia asfaltových vrstiev deštruktívnymi  
a nedeštruktívnymi metódami a ich porovnávaním**

**Determination of the Degree of Asphalt Layers Compaction by  
Destructive and Non-Destructive Methods and Their Comparison**

Študent:

Bc. Ľubomír Špilák

Vedúci diplomovej práce:

Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.

2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta stavební  
Katedra dopravního stavitelství

## Zadání diplomové práce

Student:

**Bc. Ľubomír Špilák**

Studijní program:

N3607 Stavební inženýrství

Studijní obor:

3607T036 Dopravní stavby

Téma:

Stanovení míry zhutnění asfaltových vrstev destruktivními  
a nedestruktivními metodami a jejich porovnání  
Determination of the Degree of Asphalt Layers Compaction  
by Destructive and Non-Destructive Methods and Their Comparison

Zásady pro vypracování:

Předmětem diplomové práce bude provést destruktivní a nedestruktivní zkoušky asfaltových vrstev na statisticky významném vzorku a dle platných ČSN. Výsledky těchto zkoušek vyhodnotit a následně provést multikriteriální porovnání metod.

1. Úvod do řešené problematiky (cíl práce a použité metody řešení)
2. Vývoj a popis metod destruktivního a nedestruktivního zkoušení asfaltových směsí (výhody, nevýhody, metodika, principy atd.)
3. Měření in situ a laboratorní zkoušky
4. Vyhodnocení (interpretace naměřených dat, multikriteriální analýza a její vyhodnocení)
5. Závěr

Zásady pro řešení práce:

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího práce

Rozsah textové části: dle pokynů vedoucího práce a aktuálních zásad pro vypracování diplomové a bakalářské práce

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 73 6160 Zkoušení asfaltových směsí

ČSN 73 6121 Stavba vozovek - Vrstvy z hutněných asfaltových směsí - Provádění a kontrola shody

ČSN EN 13108-1 Asfaltové směsi - Specifikace pro materiály - Část 1: Asfaltový beton

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2014

Datum odevzdání: 01.12.2014



doc. Ing. Ivana Mahdalová, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Čajka, CSc.  
děkan fakulty

### **Prehlásenie študenta**

Prehlasujem, že som celú diplomovú prácu vypracoval samostatne pod vedením vedúceho diplomovej práce a uviedol som všetky použité podklady a literatúru.

V Ostrave 1.12.2014

podpis študenta .....

Prehlasujem, že

- bol som oboznámený s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č 121/2000 Zb. - Autorský zákon, najmä § 35 - použitie diela v rámci občianskych a náboženských obradov, v rámci školských predstavení a použitie diela školstvom a § 60 - školské dielo.
- beriem na vedomie, že Vysoká škola banská - Technická univerzita Ostrava (ďalej len VŠB-TUO) má právo nezárobkovo k svojej vnútornej potrebe diplomovú prácu použiť (§ 35 ods. 3).
- súhlasím s tým, že jeden výtlačok diplomovej práce bude uložený v Ústrednej knižnici VŠB-TUO na prezenčné nahliadnutie. Súhlasím s tým, že údaje o diplomovej práci budú zverejnené v informačnom systéme VŠB-TUO.
- bolo dohodnuté, že s VŠB-TUO, v prípade záujmu z jej strany, uzavriem licenčnú zmluvu s oprávnením použiť dielo v rozsahu § 12 ods. 4 autorského zákona.
- bolo dohodnuté, že použiť svoje dielo - diplomovú prácu alebo poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem len so súhlasom VŠB-TUO, ktorá je oprávnená v takomto prípade odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, ktoré boli VŠB-TUO na vytvorenie diela vynaložené (až do ich skutočnej výšky).
- beriem na vedomie, že odovzdaním svojej práce súhlasím so zverejnením svojej práce podľa zákona č 111/1998 Z. z., O vysokých školách a o zmene a doplnení niektorých zákonov (zákon o vysokých školách), v znení neskorších predpisov, bez ohľadu na výsledok jej obhajoby.

V Ostrave 1.12.2014

## Anotácie diplomovej práce

Špilák, L. Stanovenie miery zhutnenia asfaltových vrstiev deštruktívnymi a nedeštruktívnymi metódami a ich porovnávaním, Ostrava, VŠB – TU Ostrava, Fakulta stavebná, Katedra dopravného staviteľstva, 2014, strán 68, Diplomová práca, Vedúci diplomovej práce: Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.

Cieľom tejto diplomovej práce je stanoviť mieru zhutnenia asfaltových vrstiev deštruktívnymi a nedeštruktívnymi metódami a vzájomne tieto metódy porovnať.

V teoretickej časti je popísaná problematika hutnenia asfaltovej zmesi.

Praktická časť diplomovej práce sa zaoberá vlastným zisťovaním objemovej hmotnosti deštruktívnymi a nedeštruktívnymi metódami.

Pre účely pracovníkov TPA bolo zisťované, či existuje závislosť medzi meraniami sondami Troxler 3440 a Troxler Model 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup>. Zostavili sa dva hodnotiace súbory, prvý pre ACO 11+, hrúbky 50 mm a druhý súbor pre LV, hrúbky 80 mm. Pre jednotlivé súbory sa určili priemerné odchýlky, presnosti, priemery meraní a korelačné súčinitele v mieste vývrtov. Avšak žiadna závislosť medzi prístrojmi Troxler a vývrtmi nebola preukázaná. Korelačné súčinitele neboli väčšie ako  $R = 0,4457$ .

Ako hlavný cieľ diplomovej práce bolo multikriteriálne porovnať deštruktívne a nedeštruktívne metódy zisťovania objemových hmotností. Kritéria pre vyhodnocovanie boli zvolené, výsledky, cena, čas a ďalšie náklady, v tomto poradí.

Hlavným zistením diplomovej práce je vylúčenie používania nedeštruktívnej metódy merania objemovej hmotnosti pomocou prístroja Troxler Model 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Plus, pre kontrolu miery zhutnenia.

**Kľúčové slová:** Troxler, vývrt, meranie, objemová hmotnosť, miera zhutnenia, vozovka, asfaltové vrstvy.

## **Annotation of diploma thesis**

Špilák, L. Determination of the degree of asphalt layers compaction by destructive and non-destructive methods and their comparison, Ostrava, VSB - TU Ostrava, Faculty of Civil Engineering, Department of highway construction, 2014, pages 68, diploma thesis, Thesis Supervisor: Ing. Denisa Cihlářová, Ph.D.

The aim of this thesis is to determine the degree of compaction of asphalt layers using destructive and non-destructive methods, and compare these two methods.

The theoretical part presents theoretical knowledge about compaction of asphalt mix.

The practical section of this thesis focuses on determination of volume weight using both destructive and non-destructive methods.

It was examined whether there is a relation between measurements using Troxler Model 3440 Gauge and Troxler Model 2701-B Gauge, PaveTracker<sup>TM</sup> for the purpose of the TPA workers. Two sets for evaluation were prepared. First one was formed for an abradable layer ACO 11+ with thickness of 50 mm; second one for a bedding layer LV with thickness of 80 mm. Subsequently, the average deviations, accuracies, averages of measurements and correlation coefficients in the place of drill holes were identified. However, no relation between the Troxler devices and drill holes was not found. The correlation coefficients were not greater than  $R=0,4457$ .

The main objective of the thesis was to provide a multi-criteria comparison of destructive and non-destructive methods for measurement of volume weights. The criteria for evaluation were: results, price, time, and other costs. The criteria were applied in this sequence.

The main finding arising from the thesis is exclusion of the usage of the non-destructive method for measurement of volume weight using the Troxler Model 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Plus for control of the degree of compaction.

**Key words:** Troxler, drill hole, measurement, volume weight, degree of compaction, roadway, asphalt layers

# Obsah diplomovej práce

<b>ZOZNAM POUŽITÉHO ZNAČENIA .....</b>	<b>1</b>
<b>1 ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
1.1 Predmet diplomovej práce.....	4
1.2 Cieľ diplomovej práce.....	4
<b>2 TEORETICKÁ ČASŤ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Asfaltový betón ( všeobecne ).....	5
2.2 Laboratórny návrh asfaltovej zmesi .....	5
2.3 Cestné asfaltové zmesi .....	6
2.4 Skúšobné vzorky .....	8
2.5 Skúšky asfaltových zmesí v laboratóriu (proces hutnenia).....	9
2.5.1 Hutnenie skúšobných telies rázovým zhutňovačom v laboratóriu .....	10
2.5.2 Hutnenie asfaltových zmesí na stavbe .....	11
2.6 Kontrola hutnenia.....	15
2.6.1 Stanovenie objemovej hmotnosti asfaltového skúšobného telesa .....	17
2.6.2 Kontrola zhutnenia na stavbe.....	18
2.6.3 Rádiometrická súprava na meranie vlhkosti a mernej hmotnosti Troxler Model..	19
2.6.4 Nerádiometrická súprava na meranie skutočnej hustoty Troxler Model 2701-B, PaveTracker™ Plus .....	24
2.6.5 Cestná vrtačka typu 60 - 0100 k odberu jadrových vývrtov .....	27
<b>3 PRAKTICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>30</b>
3.1 Postup merania jednotlivými metódami.....	30
3.2 Stanovenie vzťahnej objemovej hmotnosti a objemovej hmotnosti na vývrtoch.....	34
3.3 Miesta merania .....	38
3.3.1 Rekonštrukcia cesty III/4673 Štítina – Děhylov .....	39
3.3.2 Rekonštrukcia cesty II/467 Štítina – Kravaře – Štěpánkovice – Kobeřice.....	42
3.3.3 Rekonštrukcia cesty II/467 Klimkovice – Ostrava Poruba.....	45
3.4 Metódy spracovania výsledkov a korelačné súčinitele .....	48

3.5 Porovnanie a multikriteriálne vyhodnotenie jednotlivých metód meraní objemovej hmotnosti .....	59
<b>4 ZÁVER A ODPORÚČANIE .....</b>	<b>62</b>
<b>POĎAKOVANIE .....</b>	<b>63</b>
<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>64</b>
<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>65</b>
<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>67</b>



## Zoznam použitého značenia

ABVH	asfaltový betón veľmi hrubý
AC	asfaltový betón
ACO 11+	asfaltový betón pre obrusné vrstvy s veľkosťou maximálneho zrna 11
ACL	asfaltový betón pre ložné vrstvy
ACL 22S	asfaltový betón pre ložné vrstvy s veľkosťou zrna 22
ACP	asfaltový betón pre podkladové vrstvy
BBTM	asfaltový koberec veľmi tenký
cm	centimetre
cca.	Skrátený výraz pre približne
CANDER MIX	studená asfaltová zmes
ČR	Česká republika
ČSN	Česká technická norma
ČSN EN	Presný preklad európskej normy
č	číslo
DKO	denná kalibračná odozva pre prístroj Troxler 3440
EN	európska norma
g	gram
hod.	hodina
HPL	označenie hydraulického oleja
Hz	hertz
IRI	rovnosť povrchu
Kč	koruna česká
kg	kilogram
kg/m <sup>3</sup>	kilogram na meter kubický

km	kilometer
km/h	kilometer za hodinu
Kw	kilowatt
LCD	liquid crystal display
LS	ľavá strana v smere staničenia
mm	milimeter
m	meter
m <sup>2</sup>	metre štvorcové
m <sup>3</sup>	metre kubické
Mg/m <sup>3</sup>	megagram na meter kubický
NiMH	metylhydridové akumulátory
PS	pravá strana v smere staničenia
Suma	spolu
SMA	asfaltový koberec mastixový
SSD	suchý nasýtený povrch telesa
TPA	technický skúšobný inštitút
Tab.	tabuľka
V	volt
Z.Ú.	začiatok meraného úseku
%	percentá
°C	stupne Celzia
8/16	veľkosť použitej frakcie kameniva

# 1 Úvod

Predmetom diplomovej práce bolo stanovenie miery zhutnenia asfaltových vrstiev deštruktívnymi a nedeštruktívnymi metódami na štatisticky významnej vzorke a ich vzájomným porovnávaním podľa platných ČSN.

Miera zhutnenia asfaltovej zmesi bola stanovená ako pomer z objemovej hmotnosti zistenej na vzorke odobranej pred začiatkom pokladania asfaltovej zmesi a príslušnej objemovej hmotnosti zistenej pri kontrolných skúškach hodnotenia úseku, ktorý patrí k príslušnému miestu odberu vzorky.

Pre účely pracovníkov TPA bolo zisťované, či existuje závislosť medzi meraniami sondami Troxler 3440 a Troxler Model 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup>. Pri stanovení objemovej hmotnosti nedeštruktívnymi metódami bola použitá rádiometrická sonda Troxler 3440, ktorá je založená na rozptylu a absorpcii lúčov gama atómami meraného materiálu a sondou modelu firmy Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Plus, ktorá využíva elektromagnetické vlny k meraniu dielektrických konštánt materiálu, elektronika následne premieňa získané elektrické signály na objemovú hmotnosť materiálu. Ďalej bola použitá deštruktívna metóda na meranie objemovej hmotnosti. Objemová hmotnosť bola zistená na vzorkách z vývrtov v laboratóriu. Vzorky boli odobraté pomocou vŕtacej cestnej súpravy typu 60 – 100.

Získané výsledky týchto metód boli merané v mieste vývrtov. Následne boli hodnoty objemových hmotností zatriedené do dvoch hodnotiacich súborov, ktoré sa graficky vyhodnotili. Určili sa korelačné súčinitele a odchýlky presnosti meraní pre jednotlivé súbory.

Celkovo je práca rozdelená do dvoch častí. Prvá Teoretická časť obsahuje obecné oboznámenie s problematikou hutnenia asfaltovej zmesi. Druhá praktická časť sa týka stanovenia objemovej hmotnosti a miery zhutnenia jednotlivými metódami a ich vzájomným porovnaním.

## **1.1 Predmet diplomovej práce**

Predmetom diplomovej práce je stanovenie miery zhutnenia asfaltových vrstiev deštruktívnymi a nedeštruktívnymi metódami a ich porovnávaním.

## **1.2 Cieľ diplomovej práce**

- Stanovenie miery zhutnenia na jednotlivých stavbách podľa ČSN 73 6121
- Zostavenie hodnotiacich súborov objemových hmotností
- Grafické a slovné vyhodnotenie hodnotiacich súborov
- Zistenie odchýlok a korelačných súčiniteľov pre hodnotiace súbory
- Porovnanie a multikriteriálne zhodnotenie deštruktívnych a nedeštruktívnych metód určovania objemových hmotností asfaltových zmesí

## 2 Teoretická časť

### 2.1 Asfaltový betón ( všeobecne )

V súčasnosti najpoužívanější druh asfaltovej zmesi, ktorý slúži na stavbu konštrukcie vozoviek cestných komunikácií. Je to asfaltová zmes s plynulou alebo prerušovanou čiarou zrnitosti kameniva, ktorá vytvára vzájomne zakliesnenú kostru. Na rozdiel od obaľovaného kameniva má medzery medzi kamenivom plne vyplnené spojivom. Jedná sa o zmes, ktorá je zložená z asfaltu, kamennej múčky a kameniva. [2]

Označenie asfaltového betónu je AC, čo je skratka prevzatá z anglického názvu Asphalt Concrete. Označenie asfaltových betónov využíva táto schéma:

Typ zmesi	Max. zrno kameniva	Typ vrstvy	Spojivo
-----------	--------------------	------------	---------

Rozdelenie asfaltového betónu podľa použitia vo vrstve vozovky:

- Asfaltový betón pre obrusné vrstvy ( je to horná konštrukčná vrstva vozovky, ktorá je v kontakte s dopravou ) ACO
- Asfaltový betón pre ložné vrstvy ( je to konštrukčná vrstva vozovky medzi obrusnou a podkladnou vrstvou ) ACL
- Asfaltový betón pre podkladové vrstvy ACP . [2]

### 2.2 Laboratórny návrh asfaltovej zmesi

Návrh zloženia asfaltovej zmesi vychádza z požiadavky príslušných technických noriem, ktoré predpisujú druh a kvalitu stavebných materiálov, požiadavky na zloženie asfaltovej

zmesi a ich fyzikálne mechanické vlastnosti. Materiály pre asfaltové zmesi sa skúšajú podľa platných noriem. Pri návrhu asfaltovej zmesi sa stanoví zrnitosť v jednotlivých frakciách kameniva a :

- a) **Navrhne sa čiara zrnitosti** tak, aby ležala vnútri oboru zrnitosti predpísaného normami rady ČSN EN 13 108. Môže byť navrhnutá aj ďalšími schválenými normami a predpismi s prihliadnutím na skúsenosti laboratória a požiadavkám investora
- b) **Stanoví sa teoretické optimálne množstvo spojiva** pre hutné asfaltové vrstvy výpočtom podľa súčiniteľa sýtosti, výpočtom podľa konštánt, alebo podľa skúsenosti laboratória. Pre asfaltové zmesi typu SMA, PA, BBTM je nutné návrh vyhotoviť empiricky na základe skorších skúseností.
- c) **Stanoví sa návrhové množstvo spojiva a odvodí sa optimum.** [2]

## 2.3 Cestné asfaltové zmesi

Každá asfaltová zmes, ktorá je vyrobená z kameniva, kamennej múčky a asfaltového spojiva, musí byť podrobená skúškam. Skúšky je potrebné zhotovovať pri každej z úprav asfaltovej zmesi, či už sa jedná o podklad, alebo kryt konštrukcie vozovky, je nutné tieto skúšky vyhotovovať podľa príslušných technických noriem, alebo požiadaviek odberateľa. Podľa druhu skúšky sa určí odber vzoriek, ich veľkosť a množstvo ako aj použité skúšobné metódy k posúdeniu asfaltovej zmesi. Podľa spôsobu, akým sa skúšky vykonávajú poznáme:

- **Deštruktívne** – pri ktorých sa vzorky porušia
- **Nedeštruktívne** – pri ktorých sa vzorky neporušia

Podľa účelu ďalej poznáme:

**Preukázne** – robia sa pred začatím výroby asfaltovej zmesi. Tieto skúšky preukážu, že z daných materiálov a surovín je možné predpísaným spôsobom vyrobiť asfaltovú zmes a vykonať príslušnú úpravu zmesi. Pokiaľ dôjde k zmene vstupných materiálov, je nutné tieto skúšky opakovať. [1]

**Kontrolné** – preverujú množstvo a akosť použitých materiálov pri výrobe asfaltových zmesí. Kontrolné skúšky sa vykonávajú aj na hotovej úprave po položení a zhutnení asfaltovej zmesi. [1]

**Rozhodcovské** – vykonávajú sa pri rozdielnych výsledkoch skúšok u dodávateľa. V tomto prípade vykonáva tieto skúšky nezainteresovaná organizácia a výsledky sú záväzné. [1]

Preukázne skúšky sa vykonávajú na skúšobných telesách vyrobených v laboratóriu. Kontrolne skúšky sa robia na odobratých vzorkách pri výrobe zmesi alebo hotovej úpravy, pomocou vývrtov. Pri kontrolných skúškach v laboratóriu je už zmes studená, preto sa musí zmes zohriať a podľa druhu skúšky preformovať na skúšobné teleso. Pokiaľ sa skúšobné teleso opakovane zohrieva, môže dôjsť k zmene kvality spojiva. Výhodnejšie je skúšobné teleso získavať len jadrovým vývrtom. Počet a rozsah kontrolných skúšok hotovej úpravy je predpísaný v technických normách pre jednotlivé úpravy. Počet kontrolných skúšok musí byť taký, aby zabezpečoval kvalitu vstupných materiálov a zmesí. Kontroluje sa hlavne množstvo spojiva a kameniva, granulometrické zloženie kameniva, fyzikálne a mechanické vlastnosti asfaltovej zmesi. Preto je potrebné, aby každá obaľovacia súprava mala aj vlastné asfaltové laboratórium. Týmto laboratóriom je zabezpečená okamžitá a stála kontrola vyrobenej asfaltovej zmesi.

Správa o výsledkoch skúšok musí obsahovať:

- 1) Údaje o stave vzorky pri doručení do skúšobne
- 2) Výsledky skúšok s potrebnými údajmi o vzorkách a priebehu skúšok
- 3) Vyhodnotenie zistených rozdielov oproti požiadavkám uvedených v technických normách

Výsledky preukáznych skúšok sa zaznamenávajú do protokolov. [1]

## 2.4 Skúšobné vzorky

**Pri výrobe** asfaltovej zmesi na obalovacej súprave, sa vzorky odoberajú buď pri vypustení z miešača alebo z dopravného prostriedku. Z vypustenej zmesi je potrebné v pravidelných intervaloch odobrať 6 čiastkových vzoriek. Pri odberu z dopravného prostriedku je potrebné odobrať tak isto 6 vzoriek, avšak z rôznych miest minimálne 10 cm pod povrchom. Tieto čiastkové vzorky sa zmiešajú a až potom sa odoberie skúšobná vzorka. Zmesi, ktoré obsahujú zrna do veľkosti 16 mm je potrebné odobrať čiastkovú vzorku o hmotnosti najmenej 1,5 kg, nad 16 mm minimálnej hmotnosti 2,0 kg. Tieto vzorky slúžia na kontrolu zloženia asfaltovej zmesi. [1]

**Z čerstvo položenej** asfaltovej zmesi sa finišerom odoberajú aspoň 3 čiastkové vzorky po 2,5 kg. Je potrebné vzorky odobrať po celej šírke záberu finišera. Po zmiešaní čiastkových vzoriek sa odoberie skúšobná vzorka. Tieto vzorky slúžia predovšetkým k určeniu fyzikálno-mechanických vlastností zmesi.

**Z hotovej úpravy** sa vzorky odoberajú vo forme:

- **Výsekov**
- **Vývrtov**

Vzorky musia byť odobrané na celú hrúbku vyšetrovanej vrstvy, pokiaľ je to možné bez porušenia. Pri porušených vzorkách dochádza k skresľovaniu výsledkov. Preto sa nesmie na takýchto vzorkách skúšať objemová hmotnosť. Celková hmotnosť vzorky z jedného miesta je závislá od veľkosti zrn a vykonanej skúšky zmesi. Pokiaľ je potrebné získať väčšie množstvo zmesi z jedného miesta, tak sa vývrty vykonávajú vo vzdialenosti 50 až 100 mm od seba. Otvory po vývrtoch je potrebné ihneď po vyvrtaní vyplniť. Pri odbere vzoriek treba dbať na ochranu proti znečisteniu. [1]

Každá vzorka musí obsahovať:

- Dátum odberu a číslo vzorky
- Miesto odberu a staničenie
- Druh úprav v konštrukčnej vrstve
- Hrúbka úpravy podľa projektu, porušenie povrchu vrstvy
- Dátum vykonania úpravy, dodávateľa



## 2.5 Skúšky asfaltových zmesí v laboratóriu (proces hutnenia)

Zhutiteľnosť (Proctor Standart) sa vyjadruje maximálnou objemovou hmotnosťou, ktorá je dosiahnutá určitým zhutnením materiálu v normovom mažiari za použitia normovaného pechu pri optimálnej vlhkosti. Výstupom skúšky Proctor je závislosť medzi objemovou hmotnosťou vysušenej vzorky a vlhkosti, z ktorej môže byť stanovená optimálna vlhkosť, pri ktorej je dosiahnutá maximálna objemová hmotnosť. Z charakteru hutniacej krivky je možné zistiť citlivosť materiálu na zmenu vlhkosti. Pokiaľ sa jedná o citlivý materiál, tak má zmena vlhkosti optimálnej (o 2-3 %) za následok veľký pokles objemovej hmotnosti vysušenej vzorky. [4]

Pomocou zhutňovania sa snažíme dosiahnuť zvýšenie únosnosti pomocou objemovej hmotnosti. Zhutňovaním eliminujeme vzduchové póry zo zmesi mechanickým spôsobom a tým zvyšujeme pevnosť zmesi, jej tuhosť a životnosť, únosnosť.

V laboratórnych podmienkach zhutňujeme pre vytvorenie laboratórnej vzorky na kontrolu a overenie vybraných vlastností. Zhutiteľnosť býva ovplyvňovaná zložením zmesi, čiže predovšetkým množstvom použitého spojiva, pomer fileru a spojiva, množstvo hrubého kameniva. Ďalej zhutiteľnosť priaznivo ovplyvňuje objemové zmeny a hydraulickú vodivosť. [7]

Zhutňovacia energia musí odpovedať množstvu použitého asfaltového spojiva v zmesi. Toto spojivo s pribúdajúcim obsahom fileru zapríčiňuje nutné zvýšenie hutniacej energie.

Pre potreby tejto práce, čiže **Stanovenie miery zhutnenia asfaltových vrstiev deštruktívnymi a nedeštruktívnymi metódami a ich porovnávaním**, je najdôležitejšou skúškou v laboratóriu **objemová hmotnosť zhutnenej asfaltovej zmesi**. Po odobratí potrebných skúšobných vzoriek sa vzorky posielajú do laboratória, kde sú vyhotovené skúšobné telesá buď pomocou rázového zhutňovača, alebo v prípade vývrtov je vzorka vyrezaná okružnou pílou, alebo je najskôr vývrt skúšaný na spojenie vrstiev a tým sa oddelí na potrebnú veľkosť skúšobnej vzorky. Takto vytvorené telesá sa skúšajú na **vzťažnú objemovú hmotnosť**, ktorá je potrebná pri kontrolných nedeštruktívnych skúškach miery zhutnenia, po položení jednotlivých vrstiev vozovky.

### 2.5.1 Hutnenie skúšobných telies rázovým zhutňovačom v laboratóriu

Skúšobné teleso musí mať tvar valca s priemerom  $101,6 \pm 0,1$  mm a výškou  $63,5 \pm 2,5$  mm. K výrobe skúšobného telesa je potrebné od 1050 g do 1400 g. Toto množstvo zmesi sa určuje experimentálne v závislosti na maximálnej objemovej hmotnosti zmesi. Skúšobné telesá rovnakej navážky majú mať rovnakú hmotnosť. Množstvo zmesi pripravenej k hutneniu nesmie byť väčšia, ako je množstvo požadované pre štyri skúšobné telesá.

Na každé takéto skúšobné teleso musí byť vystavený protokol, ktorý musí obsahovať podľa ČSN EN 12 697-30 tieto údaje:

- Identifikáciu zmesi
- Metódu výroby zmesi, alebo aspoň veľkosť a miesto odberu vzorky, pokiaľ boli vzorky odobraté zo zhutnenej vrstvy
- Typ rázového zhutňovača
- Skúšobné podmienky
- Teplotu hutnenia
- Počet úderov [4]

Na hotovej úprave sa podľa ČSN 73 6121 Stavba vozoviek – Zhutnené asfaltové vrstvy – vykonávanie a kontrola zhody kontroluje:

- **Miera zhutnenia**
- Spojenie vrstiev
- Medzerovitosť vrstvy
- Rovnosť povrchu prípadne IRI
- Odchýlky od projektových výšok
- Hrúbka vrstvy
- Protišmykové vlastnosti [3]

## 2.5.2 Hutnenie asfaltových zmesí na stavbe

Hutnenie je najdôležitejšia časť pri stavbe vozovky z asfaltového betónu. Kvalita zhutnenia ovplyvňuje budúce vlastnosti vrstvy a to z hľadiska veľkosti dopravného zaťaženia, klimatických alebo poveternostných podmienok. Tento proces hutnenia taktiež výrazne ovplyvňuje povrchové vlastnosti krytu vozovky, najviac drsnosť, rovinatosť a odolnosť proti rýchlej strate protišmykových vlastností. Technologický proces hutnenia a druh použitých zhutňovacích prostriedkov môže ovplyvniť tuhosť, ktorá býva najlepšie dosiahnutá vibračnými valcami a vodeodolnosť úpravy, ktorú dosiahneme použitím pneumatikových valcov. [7]

Na hutnenie sa používajú rôzne druhy valcov:

- Kovové statické trojkolesové, tandemové dvojkoľesové a trojkolesové
- Kovové vibračné tandemové
- Pneumatikové
- Kombinované vibračné pneumatikové



**Obr. 1 Kovový vibračný tandemový valec**

Pred zahájením hutnenia je potrebné :

- Zaistiť potrebný počet a druh valcov aj náhradných valcov, ktoré by mali byť aspoň 2 na stavenisku.
- Navrhnuť technologický postup hutnenia a oboznámiť s ním pracovníkov pokladania.
- Skontrolovať technický stav valcov, zásobu paliva, stav olejov, účinnosť brzd, svetla, postrekovacie zariadenie, čistotu valca aj pneumatík, hmotnosť valcov, technický stav vibračného zariadenia.



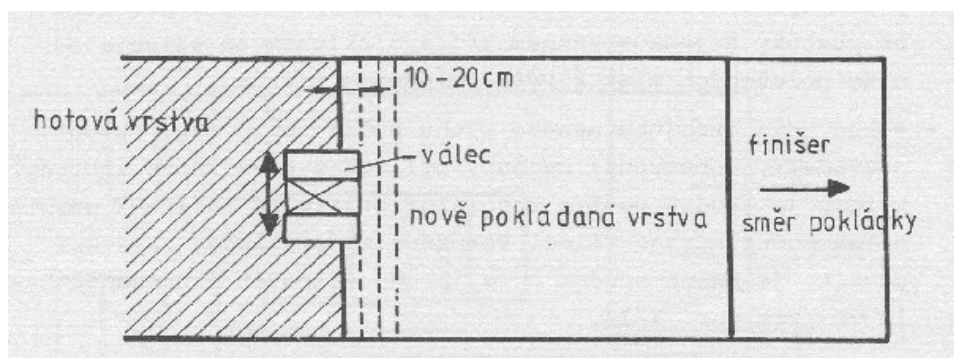
**Obr. 2 Pneumatikový valec [8]**

Pri návrhu technológie hutnenia a vhodnej zhutňovacej zostavy je nutné dodržať tieto základné pravidlá:

- Začiatok hutnenia** – musí začínať vždy na nižšie ležiacej časti zhutnenej plochy a to tak , že sa vytvorí pevný základ pre ďalšie jazdy valcom.
- Orientácia valca** – valec musí byť poháňaný behúňom smerom k finišeru, okrem prípadu hutnenia vo veľkom stúpaní, aby nedochádzalo k tvoreniu vĺn na jednotlivých vrstvách a musia byť splnené požiadavky na rovnosť povrchu položenej plochy.
- Kropenie** – robí sa proti nalepovaniu zmesi na behúň valcov a proti nalepovaniu na pneumatiky. Taktiež, aby sa zabránilo rýchlemu ochladzovaniu pokladanej zmesi. Pokiaľ je spotreba vody veľká, dochádza k nežiaducemu prerušeniu zhutňovania a nižšej

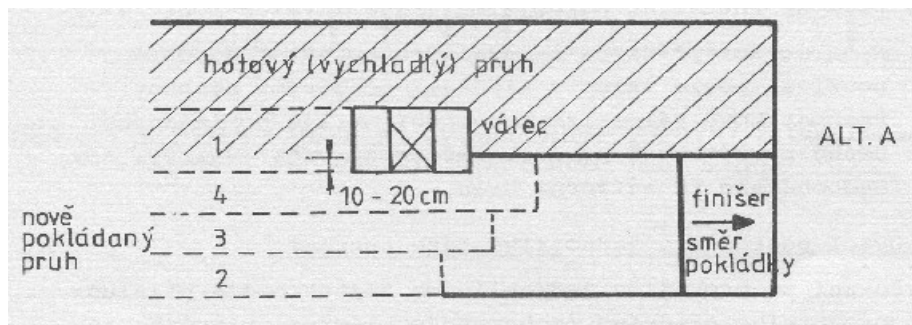
výkonnosti valcov. Pri pneumatikách je nutné kropenie od teploty pokladanej zmesi nad 120°C.

- d) **Zmena smeru jazdy a státia valca na zhutnenej ploche** – na tejto ploche nesmie valec zastavovať ani na krátku dobu. Pokiaľ je nutné zmeniť smer jazdy, je nutné nechať voľne dôjsť a hneď zase nechať plynule rozbehnúť. Pri zastavení valca dochádza k jeho borení, čo má nevhodný vplyv na rovnosť povrchu.
- e) **Počet valcov** – Každé stavenisko musí mať aspoň 1 náhradný valec, ideálne 2 aby bolo možné operatívne riešiť problémy pri poruche valcov
- f) **Valcovanie priečných spojov** – obvykle zahajuje proces hutnenia, valec pri ňom nabieha v smere spoja. Na začiatku valec valcuje čerstvo položenú zmes asi 10 – 20 cm širokú. Väčšia časť valca ide po hotovej a vychladnutej vrstve, postupne zaberá viac a viac z novo položenej vrstvy. Najvhodnejšie na priečne spoje sú malé tandemové vibračné valce.



**Obr. 3 Schéma hutnenia priečných spojov [8]**

- g) **Valcovanie okrajov a pozdĺžnych spojov** – Pri postupnom pokladaní zmesi v pruhoch iba jedným finišérom na vozovku s obojstranným priečnym sklonom sa začína na pozdĺžnom spoji tak, že väčšia časť behúňa ide po už položenej časti vozovky a po novej ide asi 10 až 20 cm. Zvyšná časť položeného pruhu sa valcuje od vonkajšieho okraja jazdnej dráhy smerom ku stredu vozovky.

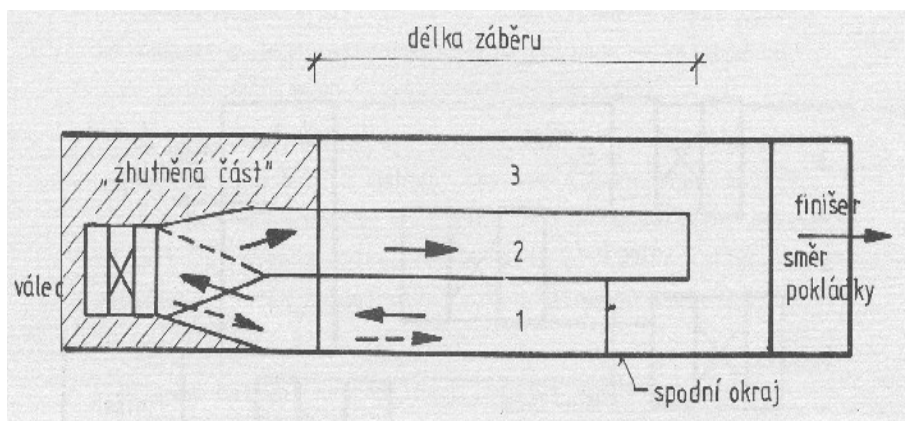


**Obr. 4 Schéma hutnenia pozdĺžnych spojov [8]**

Pri rozprestieraní asfaltovej zmesi 2 finišermi na vozovkách s obojstranným priečnym sklonom sa začína hutniť od vonkajších okrajov jazdnej dráhy smerom k stredu vozovky až na posledný úzky pruh okolo pozdĺžneho spoja, ktorý sa hutní na koniec. V prípade nestabilnej zmesi, ktorá je položená vo veľkých hrúbkach, je nutné zahájiť hutnenie 30 – 40 cm od vonkajšej hrany a zabrániť tým bočnému vytlačaniu zmesi.

**h) Valcovací postup pre jednotlivé fázy hutnenia** – hutnenie sa robí podľa príslušného prevádzkového predpisu, u ktorého treba dodržať tieto zásady:

- **Pre priečny smer** – treba stanoviť valcovú schému tak, aby minimálny počet jazd valcom bol dostačujúci na rovnomerné zhutnenie celého prierezu zhutneného pásu. Ďalej musí mať schéma doporučené prekrytie, aby u valcov s pneumatikovým podvozkom bolo aspoň o šírku pneumatiky, čiže 25-30 cm a u tandemových valcov aspoň 15 cm. Hutnenie začína až keď finišer položí aspoň 15-25 m dlhý pás.
- **Pre vlastné hutnenie valca** – v prvej fáze sa hutní od dolného okraja často až k finišéru a v tej istej stope sa vracia aj späť na už zhutnenú časť vozovky. Potom valec postupne prejde na nezhutnenú časť tak, aby bolo dosiahnuté minimálne prekrytie. Avšak pri zmene smeru na nezhutnenej časti má za príčinu vznik nerovnosti a trhlín. Pokiaľ vzniká problém s tvorením vĺn na teplej zmesi pri opakovaných jazdách valca, je dovolené mierne zabočovanie pri jazde dopredu. Dĺžka záberu valca musí byť stanovená s ohľadom na rýchlosť pokladania, ochladzovania a požadovanej teploty zmesi, obvykle v rozsahu 30 – 60 m. [8]



**Obr. 5 Schéma hutnenia pozdĺžnych spojov [8]**

- i) **Valcovanie v sklone** – pri väčších pozdĺžnych sklonoch musia byť valce s poháňaným behúňom orientované smerom od finišéra. Hutnenie má prebiehať pri najnižších prípustných teplotách, s valcami bez vibrácií a s nižšou hmotnosťou. Používa sa stredná pracovná rýchlosť, to znamená, že rýchle zmeny rýchlosti a brzdenia sa nepoužívajú.
- j) **Valcovanie v oblúkoch a ťažko prístupných miestach** – valcovanie v oblúkoch začína vždy u vnútorného okraja hutneného pruhu, tým sa vytvorí pevný základ pre ďalšie jazdy valca. Ťažko prístupné miesta sa hutnia malými valcami, alebo ručnými a mechanickými pechmi. [8]

## 2.6 Kontrola hutnenia

Miera zhutnenia sa stanovuje jednou z nasledujúcich metód ako pomer:

- A. Objemová hmotnosť zistená na vzorke odobranej z hotovej úpravy vo forme vývrtov alebo výsekov k vzťažnej objemovej hmotnosti, zistenej pri kontrolných skúškach hodnoteného úseku príslušného miesta odberu vzorky.
- B. **Objemová hmotnosť** zistená na hotovej úprave nedeštruktívnymi metódami k vzťažnej objemovej hmotnosti, zistenej pri kontrolných skúškach hodnoteného úseku príslušného miesta odberu vzorky.

C. Objemová hmotnosť zistená na vzorke odobranej z hotovej úpravy vo forme vývrtov alebo výsekov k vzťažnej objemovej hmotnosti toho istého vzorku preformovaného v laboratóriu na skúšobné teleso podľa predpísaného postupu v ČSN EN. [3]

Miera zhutnenia je vyjadrená v percentách.

Pribúdajúcou mierou zhutnenia zvyšujeme pevnosť zmesi, jej tuhosť, únosnosť a životnosť asfaltových úprav. Narastajúcou mierou zhutnenia sa zvyšuje aj odolnosť zmesi proti únave.

Miera zhutnenia sa stanovuje pre jednotlivé druhy a vrstvy asfaltovej zmesi podľa ČSN 73 6121 vid'. Tab.1.

**Tabuľka č.1 Požadované parametre zhutnenia [5]**

Vrstva	Označenie zmesi	Skúšobný postup	Požadovaná hodnota %
		Miera zhutnenia 2)	Miera zhutnenia 3)4)5)
Obrusná	ACO D (S)	ČSN 73 6160	min. 96,0 ÷ 98,0
	ACO D (+,bez)		min. 96,0
	ACO D CH; PA D		min. 95,0
	SMA D (S)		min. 96,0 ÷ 98,0
	SMA D (+,bez)		min. 96,0
Ložná	ACL D (S)		min.96,0 ÷ 98,0
	ACL D (+,bez)		min. 96,0
Podkladná	ACP D (S)		min.96,0 ÷ 98,0
	ACP D (+)		min. 96,0



2) Požadované parametre sa stanovujú na vývrtoch, nedeštruktívne môžeme stanoviť parametre pri pokladaní vrstvy a po dohode zhotoviteľa s objednávatelom aj pri kontrolných skúškach hotovej vrstvy; pri vozovkách mostných objektov sa vyhotovuje nedeštruktívne

3) Na hodnotenom úseku musí byť maximálne 20 % výsledkov v intervale 96 % až 97 %, zvyšných 80 % výsledkov musí byť  $\geq 97 \%$

4) Priemerné hodnoty platia pre hodnotený úsek s hrúbkou vrstvy 50 mm a väčším, v prípade nesplnenia požadovanej priemernej miery zhutnenia je rozhodujúca medzerovitosť vrstvy.

5) Pokiaľ sa miera zhutnenia stanovuje na základe vzťahných objemových hmotností zistených z preformovaných telies (vývrtov, výsekov), môže byť minimálna miera zhutnenia 96 % a neplatí poznámka 3) tejto tabuľky. [5]

### 2.6.1 Stanovenie objemovej hmotnosti asfaltového skúšobného telesa

Objemová hmotnosť skúšobného telesa sa stanovuje pre potrebu zistenia miery zhutnenia pri nedeštruktívnych kontrolných skúškach pokladaných vrstiev asfaltovej zmesi. Objemová hmotnosť sa zadáva do meracích prístrojov pre kontrolu miery zhutnenia. Táto hodnota slúži k záverečnému stanoveniu miery zhutnenia, ale aj pre kontrolu pri položení zmesi, k výberu vhodného miesta vývrtu, k určeniu slabo zhutnených miest položenej vrstvy.

Jednotlivé požiadavky na takto vytvorenú vzorku z asfaltového betónu nájdeme v ČSN EN 13 108-1.

Stanovenie objemovej hmotnosti sa v laboratóriu vyhotovuje viacerými metódami. Skúšobné metódy sú určené pre vzorky, ktoré sú buď vyhotovené v laboratóriu, alebo získané z vývrtov, výsekov z vozovky po položení a zhutnení asfaltovej zmesi. Metódy podľa ČSN EN 12 697-6:

- a) Objemová hmotnosť – suchá, platí pre telesa s veľmi uzavretým povrchom
- b) **Objemová hmotnosť – nasýtení suchý povrch ( SSD )**, platí pre telesa s uzavretým povrchom

- c) Objemová hmotnosť – utesnené skúšobné teleso, platí pre teleso s otvoreným alebo hrubozrným povrchom
- d) Objemová hmotnosť - podľa rozmerov, platí pre telesa s pravidelným povrchom geometrického tvaru.

Objemová hmotnosť je hmotnosť pri danej skúšobnej teplote, ktorá pripadá na jednotku objemu skúšobného telesa vrátane medzier. Podstatou skúšky je stanoviť z neporušeného zhutneného asfaltového telesa jeho hmotnosť a objem. Hmotnosť skúšobného telesa sa získa vážením suchého vzorku na vzduchu. [6]

### 2.6.2 Kontrola zhutnenia na stavbe

Kontrolu na stavbe je nutné robiť po položení vrstvy asfaltovej zmesi. Na kontrolu zhutnenia na stavbe sa používajú tieto metódy:

**Nedeštruktívne metódy skúšania miery zhutnenia** sú vhodné pre rýchlu orientačnú kontrolu miery zhutnenia pri pokladaní asfaltovej zmesi, pretože nedochádza k porušovaniu celistvosti vrstvy, prípadne môžu slúžiť k výberu miest, z ktorých budú odobraté vzorky jadrovými vývrtmi, prípadne miest, ktoré sú nevhodne zhutnené. Minimálna početnosť meraní nedeštruktívnou metódou podľa ČSN 73 6121 je 1 krát na 500m<sup>2</sup>, na celý úsek aspoň 2 krát, alebo podľa požiadaviek investora. Nameraná hodnota je obvykle zaťažená chybou.

**Deštruktívne metódy skúšania miery zhutnenia** zhutnených asfaltových zmesi. Pri tejto metóde zisťovania miery zhutnenia dochádza k porušovaniu celistvosti položenej vrstvy. Tento spôsob vykazuje najpresnejšie výsledky, pretože ukazuje skutočnú objemovú hmotnosť na položenej vrstve. Odobraná vzorka sa posiela na vyhodnotenie do laboratória. Odber vzoriek podľa ČSN 73 6121 je jeden vývrt na 1500 m<sup>2</sup> a minimálne 2 vývrty na hodnotený úsek. Ďalej sa vývrty robia podľa individuálnych požiadaviek investora.

### 2.6.3 Rádiometrická súprava na meranie vlhkosti a mernej hmotnosti Troxler Model

Rádiometrická súprava Troxler 3440 sa používa k meraniu vlhkosti, mernej hmotnosti a miery zhutnenia zeminy, hlinito kamenitej zmesi, betónu a asfaltových povrchov. Môže byť použitá aj pre meranie iných materiálov, ktorých merná hmotnosť a vlhkosť majú radovo rovnakú hodnotu. Model 3440 je v súčasnosti najpokrokovejším zariadením na meranie vlhkosti a mernej hmotnosti. Stal sa preto štandardom v oboru a splňuje všetky požiadavky noriem.

Pri výrobe boli použité najnovšie technológie ako aj skúsenosti nazbierané za tridsať rokov výroby rádiometrických zariadení. Výsledkom tohto snaženia je rádiometrická sonda Troxler 3440.

Univerzálny model 3440 pracuje vo dvoch operačných režimoch :

- **Meranie odrazom**
- **Priama transmisia**

Tento model je schopný uchovať v pamäti viac ako 450 výsledkov merania. Sonda má tiež 30 špeciálnych funkcií a umožňuje užívateľom nastaviť presnosť vo všetkých fázach merania. Displej LCD a jednoduchá klávesnica sú zárukou rýchlych a presných výsledkov.

Každá osoba pracujúca so súpravou Troxler musí byť zaškolená, musí poznať základné informácie o bezpečnosti práce s prístrojom podľa návodu. Ďalšie informácie o bezpečnosti práce s rádioaktívnym materiálom podá pri osobnej návšteve Centrum pre tréning obsluhy rádiometrických súprav firmy Troxler. Pri bežnom používaní sondy neexistuje rádioaktívne nebezpečenstvo, avšak nesprávna obsluha prístroja môže privodiť riziko.

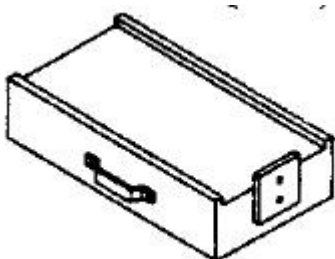
**Súčasťou súpravy je:**

**Sonda** je prenosný prístroj pre meranie vlhkosti a mernej hmotnosti. Obsahuje všetky rádioaktívne zdroje, elektroniku a akumulátory. Výrobné číslo sondy a referenčného bloku môžeme nájsť na ich zadnej strane. Rovnaké číslo sa objavuje aj na certifikátu o rádioaktívnom žiariči, kalibrácii aj na záručnom liste. Samotná sonda váži 13 kg a s transportným obalom so všetkými súčasťami 38,5 kg.



**Obr. 6 Sonda Troxler 3440**

**Referenčný blok** sa používa pri nastavení dennej kalibračnej odozvy. Poskytuje rovnorodý referenčný materiál pri zisťovaní dlhodobej stability.



**Obr. 7 Referenčný blok**

**Doska škrabky** s vodiacimi otvormi je dôležitá pri príprave miesta merania. Vodiaci otvor slúži pri príprave diery pre tyč žiariča pri meraniach priamej transmisie.

**Vrtná tyč** slúži k zhotovovaniu otvorov pre priame transmisné meranie. V žiadnom prípade sa nesmie k tomuto účelu používať tyč zdroja.

**Kľúč** pre vyťahovanie vrtnej tyče posluží ako páka pri vyťahovaní tyče z ílu a iných materiálov.

**Nabíjačky a adaptéry** sa dodávajú dva, jeden pre jednosmerné napätie 12V= záporný pól na kostre, jeden pre striedavé napätie 115/230V ~ 50/60Hz.

**Puzdra na batérie** sa používajú pre upevnenie alkalických článkov. Zdrojom energie súpravy sú nabíjacie akumulátory NI-cad. Batérie vydržia plno nabité 8 týždňov.

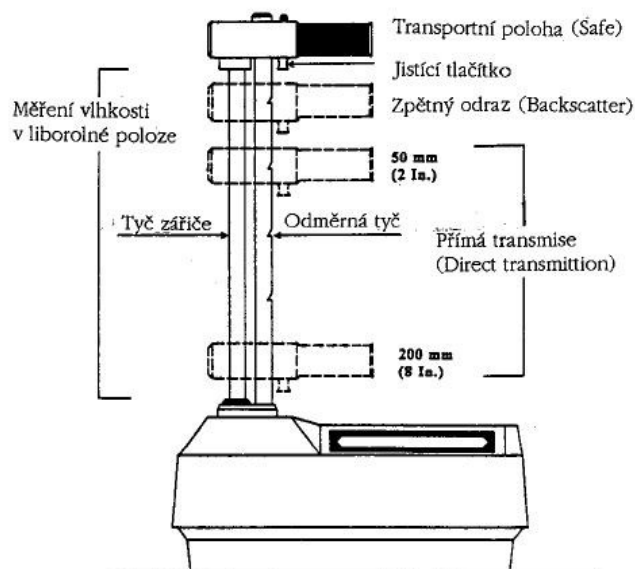
**Transportný obal** umožňuje bezpečnú prepravu modelu 3440 a príslušenstva. Obal je odolný proti vode, nie je však vodotesný, preto ak je vystavený poveternostným vplyvom, musí byť dostatočne chránený.

### **Návod k obsluhu**

**Kalibračný protokol**, dokumenty o rádioaktívnom žiariči, záručný list.

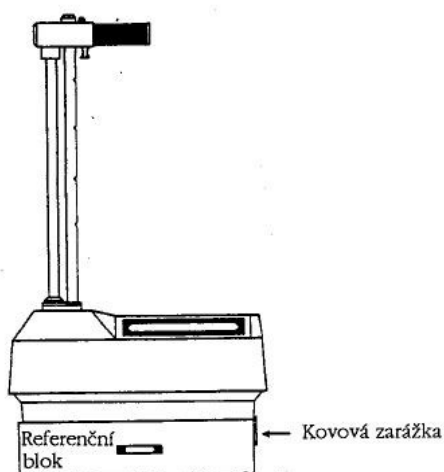
Klávesnica, alebo ovládací panel sondy, sa skladá z 20 tlačidiel a tlačidiel ON a OFF, slúžiacim na zapnutie a vypnutie sondy. Po zapnutí sa displej zaplní testovacími znakmi. Po dvoch sekundách sa vykoná automatický test funkcie. Tento test trvá 300 sekúnd. Po dvoch hodinách nečinnosti sa sonda automaticky vypne.

Všetky rádiometrické súpravy Troxler používajú rádioaktívne žiariče s nízkou intenzitou. Zdroj žiarenia u modelu 3440 skladajúci sa z cesia 137 a amerícia 241, berýlia má polčas rozpadu 30 resp. 432 rokov. Z toho vyplýva, že úroveň žiarenia sa zníži na polovicu za 30 rokov. Rádioaktívny rozpad žiariča je známy jav a neovplyvňuje presnosť merania. Ku kompenzácii rozpadu slúži stanovenie dennej kalibračnej odozvy (DKO). Je dôležité urobiť stanovenie DKO pred každým meraním.



**Obr. 8 Polohy žiariča sondy Troxler 3440**

Pred odjazdom na stavbu je vhodné prístroj zapnúť a spustiť tým automatický test a bez zdržania je možné urobiť stanovenie DKO. Počítač sondy porovná novú hodnotu kalibračnej odozvy s poslednými štyrmi hodnotami v pamäti prístroja. Nová hodnota bude ohodnotená ako vyhovujúca, pokiaľ sa nebude líšiť o viac ako 1% v priemeru mernej hmotnosti a o 2% v priemeru vlhkosti. Nová hodnota DKU sa zapíše do denníka.



**Obr. 9 Troxler 3440 na referenčnom bloku**

Referenčný blok musí byť umiestnený na rovnom povrchu, ktorý musí byť vzdialený aspoň 2 m od budovy a najmenej 10 m od najbližšieho zdroja rádioaktívneho žiarenia. Povrch môže byť živičná alebo betónová vozovka, zhutnená zemina, alebo iný materiál o mernej hmotnosti aspoň  $1600 \text{ kg/m}^3$ . Sonda sa umiestni na referenčný blok. Povrch bloku rovnako ako dno sondy musí byť čisté a hladké. Sonda musí byť umiestnená medzi pozdvihnutými okrajmi bloku, avšak dno prístroja musí doliehať na kovovú zarážku na pravej strane referenčného bloku.

#### **Údržba a servis sondy:**

Sonda Troxler 3440 obsahuje 2 rádioaktívne žiariče. Žiarič obsahujúci amerícium  $^{241}\text{Am}$  je umiestnený v prostriedku základnej dosky sondy. Je iba malý a nemusí byť zatienený. Žiarič, ktorý obsahuje cézium-137, je zatavený vo vnútri špičky tyče žiariča. V bezpečnostnej polohe sa tento žiarič nachádza vo wolframovom kryte, ktorý redukuje žiarenie na bezpečnú hladinu.



**Obr. 10 Žiarič sondy Troxler 3440**

Preto je potrebné sondu raz za 2 roky podrobiť skúške dlhodobej stability, ktorú môže vykonať iba certifikované laboratórium.

Posudzované parametre sú:

- ✚ Dokumentácia prístroja
- ✚ Vizuálna kontrola neporušenosti a značenia

- ✚ Mechanické ovládanie
- ✚ Kontrola zapnutia sondy
- ✚ Overenie rádioaktívnej kontaminácie vonkajších povrchov sondy
- ✚ Skúška oterom na náhradnej skúšobnej ploche
- ✚ Príkon fotónového dávkového ekvivalentu max
- ✚ Transportné zariadenie
- ✚ Sonda [9]

Taktiež je potrebné posielat' každý mesiac osobné mesačné dávkové ekvivalenty neutrónov pracovníkov, ktorí merali so sondou, do celoštátnej služby osobnej dozimetrie. Tieto hodnoty sa vyhodnocujú pre celý 1 rok.

#### **2.6.4 Nerádiometrická súprava na meranie skutočnej hustoty Troxler Model 2701-B, PaveTracker™ Plus**

Model firmy Troxler 2701-B, PaveTracker™ Plus je nerádiometrický merací prístroj pracujúci na báze merania dielektriky. Tento prístroj pracuje patentovanou metódou rýchleho a opakovaného merania relatívnej hustoty asfaltu. Je vybavený softvérom, ktorý pomáha odčítať namerané hodnoty a ukladať ich do počítača pre neskoršie použitie. Prístroj umožňuje rýchle zistenie nedostatočne zhutnených plôch a pomáha tak zaistiť rovnomernú kvalitu pri položení vrstvy asfaltového betónu. PaveTracker™ Plus pracuje inak ako tradičná nukleárna metóda priameho merania hustoty asfaltu, meria dielektrickú charakteristiku, ktorá sa mení podľa stupňa zhutnenia. Vzduch uzatvorený v materiáli má inú hodnotu dielektrika, než zhutnená asfaltová zmes. Zmena zmesi-vzduch sa prejaví ako zmenený stupeň zhutnenia. Relatívny výsledok je možné porovnať z vývrtom alebo Marshallovým telesom, urobiť korekciu a zistiť skutočnú hustotu.

Technológia Troxler 2701-B, PaveTracker™ Plus sa používa na určenie chemického zloženia na jednotku objemu a tým rovnomernosť asfaltu. Pokiaľ je asfalt relatívne



homogénny, dielektrické charakteristiky sa nemenia. Dielektrikum je určované obsahom asfaltu, kameniva a podielom dutín v asfaltovej zmesi.

Ovládanie prístroja je rýchle a jednoduché. Výsledky merania sa na displeji aktualizujú každú sekundu. Meranie môže začať okamžite po zapnutí prístroja kalibrovaného na referenčnej testovacej doske.

Prístroj pracuje v troch režimoch:

- **Continuous Mode** – ukáže v jednotlivom meraní okamžitú hustotu materiálu a takisto stupeň zhutnenia a obsah dutín
- **Average Mode** – ukáže priemernú hodnotu z jednotlivých meraní, napr. pri prechádzaní po určitom úseku asfaltovej plochy
- **Segregation Mode** – ukáže okamžitú hustotu a priemernú hodnotu, vysoké a nízke hodnoty zistené na konkrétnom úseku asfaltovej plochy.

Tento spôsob merania nie je rádiometrický, a preto k tejto skúške nie je potrebné ani žiadne úradne povolenie. PaveTracker™ Plus má hmotnosť iba 6 kg, v prepravnej schránke spolu aj z príslušenstvom váži 15 kg a nevyžaduje žiadne úpravy vlhkosti alebo tepla. Odoberateľné teleskopické rameno uľahčuje obsluhu. Vymeniteľná šmyková ochrana chráni spodnú stranu prístroja. Stabilita prístroja sa kontroluje pomocou referenčného bloku, ktorý je integrovaný do prepravnej schránky.

Súčasťou súpravy je : sonda, prepravná schránka z integrovaným referenčným štandardom, 2 nabíjačky na 10V a 100-240V, spojovací kábel k zapalovači cigariet v aute, vysúvateľná teleskopická rukoväť, Pin pre spojenie s teleskopickým ramenom, sériový dátový kábel, Príručka v angličtine a nemčine.

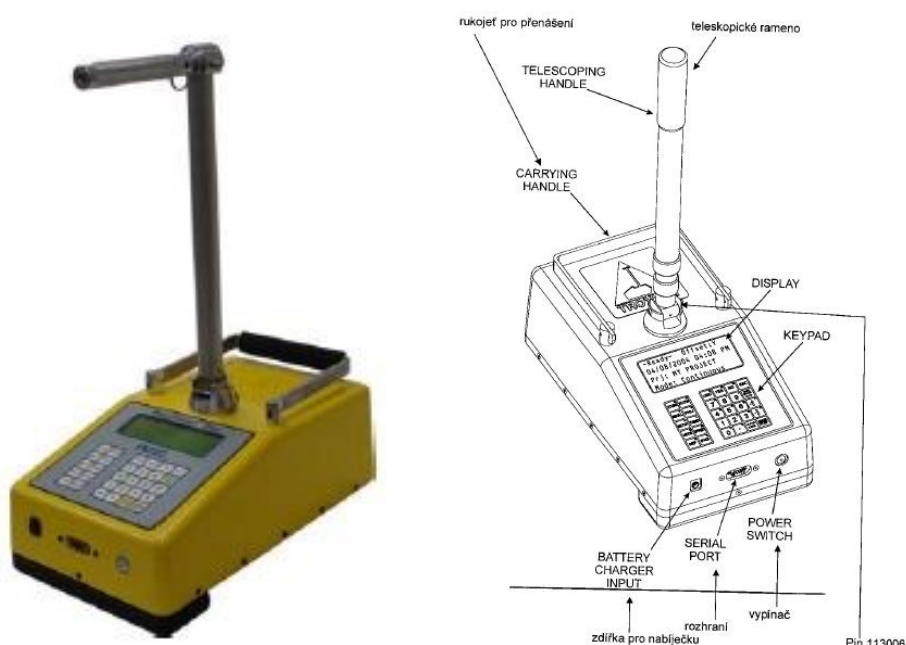


**Obr. 11 Sonda Troxler 2701-B, PaveTracker™ Plus, prepravná schránka**

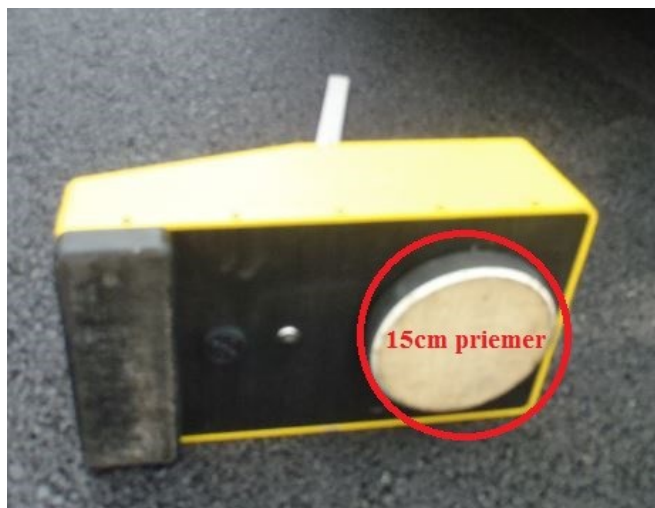
Ovládací panel přístroje má 30 tlačídel. Nad panelem je umístěný displej so čtyřmi řádkami po 20 znaků. Ovládací panel je podsvícený. PaveTracker™ Plus má možnost uložení až 999 naměřených hodnot do paměti. Tato data se dají zobrazit na displeji nebo přivést do počítače. Po aj před měřením je možné zadat vztažnou objemovou hmotnost a objemovou hustotu a přístroj vypočítá stupeň zhutnění a objem dutin. Avšak tato hodnota se neskôr porovnává s hodnotami vývrťov. Výsledky měření sú v  $\text{kg/m}^3$  a sú zapísané do protokolu. Referenčným tlačidlom sa zobrazená hodnota porovnáva so vzťažnou objemovou hmotnosťou skúšobného telesa.

PaveTracker™ Plus pracuje na nikel metylhydridové akumulátory, ktoré vydržia približne 32 hodín, zapnuté podsvietenie skraca prevádzkovú dobu. Akumulátory NiMH je možné nabiť asi 500 krát, čo odpovedá životnosti asi 4 roky. Po 5 minútach nepoužívania sa sonda dostane do spánkového režimu, avšak všetky hodnoty ostávajú zachované. Sonda sa vypne automaticky po 60 minútach nečinnosti. Doba nabíjania pri hlásení battery low je asi 1,5 hod, pokiaľ je prístroj úplne vybitý jeho doba nabíjania je 2 hodiny. Vypínanie a zapínanie prístroja je tým istým tlačidlom, iba pri vypínaní je potrebné tlačidlo podržať dlhšie cca. 2 sekundy.

Nabíjačka 12 V do auta a 230 V pre zapojenie do siete. [10]



**Obr. 12 Sonda Troxler 2701-B, PaveTracker™ Plus s teleskopickým ramenom**



**Obr. 13 Troxler 2701-B, PaveTracker™ Plus kruhová meracia doska na dne sondy**

Údržba sondy je jednoduchá, k čisteniu sondy je potrebné iba jemné mydlo alebo sprej Solvent 50. Nesmú sa používať agresívne chemikálie. V prípade vážnejších elektronických porúch je nutné poslať prístroj do špecializovanej opravovne prístrojov Troxler.

#### **2.6.5 Cestná vŕtačka typu 60 - 0100 k odberu jadrových vývrtov**

Vŕtacia súprava je určená k odberu jadrových vývrtov o priemere od 50 do 200 mm, či už asfaltových alebo betónových. Jedná sa o jednoosový prívies s nárazovou brzdou a automatikou pri cúvaní. Súčasťou podvozku je ručná brzda, príslušné osvetlenie a signalizačné prvky. Ďalej je vŕtacia súprava opatrená zabezpečovacími prvkami :

- ✚ Poistnými závlačkami plošiny pre transport
- ✚ Ochranným lemom na základovej doske
- ✚ Vodiace a strediace prvky pre vŕtáciu korunku

Pri jazde je nutné spojenie hydraulickej plošiny s pevnou plošinou pomocou aretačných skrutiek, takisto musí byť vrtná súprava spojená s ťažným vozidlom za ťažné zariadenie a musí byť elektricky prepojené.



**Obr. 14 Cestná vrtačka typu 60 - 100**

**Technické parametre cestnej vrtačky:**

- ✚ Celková dĺžka je 3300 mm
- ✚ Šírka je 1540 mm
- ✚ Výška je 1750 mm
- ✚ Celková váha je 1300 kg
- ✚ Maximálna dovolená rýchlosť je 80 km/hod
- ✚ Zvislé zaťaženie na záves ťažného vozidla je 100 kg
- ✚ Pneumatiky majú rozmer 185 R14 90T
- ✚ Nádrž na vodu z nerezovej ocele o objeme 475 l
- ✚ Pohon vrtacej súpravy zabezpečuje štvortaktový motor benzínový o výkone 9,2kW. Používaný benzín je NATURAL a do hydrauliky ide olej HLP22

**Popis zariadení vrtnej súpravy:**

Nádrž na vodu je pevne prichytená na ráme. Je zhotovená z nerezovej ocele. Na hornej ploche sa nachádza plniaci otvor s odvetrávaním, na bočnej strane kohútik k vypúšťaniu

nádrže. Na vrtiaciu jednotku je pripojená rýchlo spojka hadica s kohútikom. Súčasťou chladiacej jednotky je elektrické čerpadlo.

Vrtacia jednotka sa skladá :

- Hydraulicky ovládaná základná plošina k nastavovaniu zariadenia
- Hydraulická časť pre pohon vrtacej jednotky
- Motorová jednotka Briggs a Stratton- štvortaktový motor 15,5 PS
- Pákový mechanizmus hydraulickej jednotky

Hydraulicky ovládaná základná plošina sa spúšťa a zdvíha pomocou pákového mechanizmu a hydraulického agregátu poháňaného motorovou jednotkou. Pre prípad poruchy alebo z iného dôvodu je zariadenie opatrené núdzovou ručnou pumpou pre pohyb hydraulickej plošiny. Posun vrtacej korunky do vývrtu sa robí pomocou hriadeľa s ovládacím kolesom.

**Údržba** motora sa robí podľa návodu pre motor Briggs+Stratton. Hydraulický olej HPL 22 sa vymieňa každých 500 prevádzkových hodín alebo aspoň 1 krát ročne. Hladinu oleja je nutné kontrolovať pred každým použitím vrtáčky. Zariadenie je potrebné udržiavať v čistote. Všetky diely filtra z mechovej gumy je potrebné čistiť aspoň 1 krát za sezónu. Sviečky je potrebné vymeniť každých 100 hodín prevádzky. Pravidelne sa musia premazávať hydraulické valce, hriadele, vodiace a centrovacie prípravky vazelínou. Upínacie diely korunky sa však nepremazávajú. [11]

### 3 Praktická časť

#### 3.1 Postup merania jednotlivými metódami

Pred začiatkom samotných meraní bolo potrebné odmerať vzdialenosti medzi jednotlivými vývrtmi a sondami pomocou digitálneho meracieho kolesa. Po zmeraní vzdialenosti sa označené miesto investorom zmeralo najskôr prístrojmi Troxler. Prístroje Troxler bolo potrebné pred začiatkom merania skalibrovať.



**Obr. 15 1. Cestná vrtačka typu 60 – 100, 2. Troxler 3440, 3. Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss, 4. Digitálne meracie koleso**

##### **1. Troxler 3440 – postup merania:**

Po skalibrovaní a nastavení prístroja, bola sonda postavená na vyznačené miesto v jazdnom pruhu. Miesto merania muselo byť rovné, nesmela sa sonda na povrchu hýpať. Bol nastavený čas merania prístroja na 15 sekúnd. Meranie pre dané miesto bolo vždy vykonané v dvoch polohách, išlo o meranie vpred a vzad. Po umiestnení prístroja na pripravené miesto sa nastavila tyč žiariča do pozície meranie odrazom (Backscatter) tak, že sa rukoväť zariadenia, ktorá obsahuje



mechanizmus spúšťača fixuje na zárez odmernej tyče. Tyč žiariča musela byť vždy v bezpečnostnej polohe, pokiaľ sa sonda nepoužívala.

Spustilo sa meranie pomocou tlačidla štart. Po spustení merania bolo potrebné ustúpiť aspoň 1,5 m od sondy po dobu merania, čiže 15 sekúnd. Skončenie merania prístroj ohlásil krátkym pípnutím. Namerané hodnoty boli zobrazené na displeji v  $\text{kg/m}^3$  a zapísané do formulára vid'. Kap. 3.2.

## **2. Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss – postup merania:**

Po skalibrovaní a nastavení prístroja, bola sonda postavená na vyznačené miesto v jazdnom pruhu. Miesto merania muselo byť opäť rovné, nesmela sa sonda na povrchu húpať. Meranie prebiehalo zase v dvoch polohách, v pred a vzad. Výsledky z merania týmto prístrojom sa zobrazovali na displeji ihneď po stlačení tlačidla štart taktiež v  $\text{kg/m}^3$  vid'. Kap. 3.2. Namerané hodnoty boli zapísané do formulára.

Po odmeraní miesta obidvomi prístrojmi Troxler bola pristavená a nastavená, pomocou ťažného motorového vozidla, cestná vrtačka typu 60-100.

### **Postup pri odobratí vývrtu cestnou vrtačkou:**

- ✓ Najskôr boli povolené a vytiahnuté poistné závlačky.
- ✓ Naštartoval sa motor a spustila sa plošina tak, aby sa zdvihli kolesa vrtačky, následne bol motor vypnutý.
- ✓ Centrovacím a vodiacim prvkom sa nastavilo vedenie vrtacej korunky. Naštartoval sa motor a pomaly sa spúšťala vrtacia korunka.
- ✓ Pred vlastným vrtaním bolo nutné otvoriť kohútik chladenia vodou a spustiť čerpadlo.
- ✓ Nastavila sa hĺbka vývrtu cca 150 mm.
- ✓ Stlačením nožnej páky vedenia korunky a pomalým otáčaním hriadeľa sa začalo s vývrtom o priemere 100 mm. Pri vrtaní bolo nutné dávať pozor, aby nedošlo rýchlym otáčaním hriadeľa k zaseknutiu vrtacej korunky.



**Obr. 16 Súčasti cestnej vrtačky typu 60 – 100, 1. Vrtacia korunka, 2. Hydraulická plošina, 3. Chladenie vodou, 4. Paka vedenia korunky**

- ✓ Po dokončení vývrtného procesu a vytáčením korunky smerom hore sa dbalo na to, aby nedošlo k porušeniu segmentov upínacieho zariadenia.
- ✓ Plošina sa opäť pomocou hydraulickej jednotky zdvihla a zaistila.
- ✓ Pokiaľ sa vývrt zakliesnil v korunke, bolo ho možné dostať von ľahkým poklepaním gumeným kladivkom po korunke, ak však ostal zakliesnený vo vyvrtanej diere, vyťahoval sa špeciálnymi kliešťami.

Odobratý vývrt bol riadne označený zo všetkých strán a uložený do vozidla.

Vzniknutú dieru po vývrte bolo nutné ihneď vyplniť a uzavrieť. Na vyplnenie a uzavretie vývrtného otvoru boli potrebné tieto pomôcky a materiály:

- ✚ Ubíjadlo priemeru 80 mm
- ✚ Kliešte na vytiahnutie vývrtného otvoru
- ✚ Kýble, lopatky, kladivo, sekáč, hubka
- ✚ Materiály: Studená asfaltová zmes CANADER MIX, štrk frakcie 8/16, Marshallove telesá zhotovené v laboratóriu.





**Obr. 17 Pomôcky a materiály potrebné k zaplneniu vývrty**

#### **Postup pri zaplňovaní a uzatváraní vývrty:**

Vývrt musel byť vyčistený a odvodnený pomocou hubky. Potom bol vývrt z 1/3 zaplnený pomocou lopatky štrkom frakcie 8/16. Tento štrk bol zhutnený ubíjadlom. Neskôr sa dali Marshallove telesá na zhutnený štrk a pomocou sekáča a kladiva boli zakliesnené vo vývrte. Na Marshallove teleso bola pomocou lopatky nasýpaná studená asphaltová zmes CANADER MIX. Opakovaným zhutnením a dopĺňaním studenej zmesi bola dosiahnutá rovnorodosť a rovinnosť povrchu vozovky.



**Obr. 18 Postup pri vyplnení a uzavretí vývrty**

Odobrané vývrty boli odvezené do TPA, kde sa nechali cez noc vysušiť. Druhý deň bol každý vývrt podrobený skúške na spojenie vrstiev. Tým boli vytvorené potrebné skúšobné telesá, ktoré boli skúšané na objemovú hmotnosť vid'. Kap. 3.2.

### **3.2 Stanovenie vzťažnej objemovej hmotnosti a objemovej hmotnosti na vývrtoch**

Pri stanovení vzťažnej objemovej hmotnosti bola zmes ohriata na teplotu 150 °C, ktorá je potrebná na hutnenie skúšobného telesa. Preto sa zmes ohriala v sušiarňi bez prívodu čerstvého vzduchu po dobu 1 hod. Teplota hutnenia sa stanovila pomocou EN 12697-35. Ďalšou možnosťou bolo stanovenie podľa dodávateľa.



**Obr19. Kovová sušiareň**

Podložka bicej hlavy hutniaceho pechu a celá forma sa pred prípravou prvého skúšobného telesa ohriala. Prestávka medzi tvorením jednotlivých telies nebola väčšia ako doporučených

10 minút. Forma pre hutnenie a nadstavec boli zahriate na teplotu hutnenia. Pred plnením sa na podložku formy položilo tenké koleso z pevného, nepriepustného materiálu, ako napr. nenasiakavý papier. Priemer kolesa papiera nebol menší ako 100 mm.

Ohriata zmes sa po častiach naplnila násypkou do formy pre hutnenie a jemne sa zrovnala špachtľou. Treba dbať, aby nedochádzalo k segregácii. Po naplnení sa povrch zmesi zarovnal špachtľou a prekryl druhým kolesom separačného papiera. Vnútro hutniacej formy nesmie byť natreté separačným činidlom.

Zhutňovanie muselo začínať bezodkladne. Forma bola naplnená a skúšobné teleso zhutnené behom 4 minút podľa odporúčenia ČSN EN 1269-30. Po nasadení nadstavca na formu pre hutnenie sa pripojil k hutnaciemu podstavci pomocou upínacieho zariadenia. [4]



**Obr. 20 Rázový zhutňovač – 1. Základné zdvíhacie zariadenie s motorovým pohonom pre hutniaci baran a počítadlo úderov; 2. Hutniaci pech s valcovou vodiacou tyčou hutniaceho barana; 3. Excentrická vačka upínacieho zariadenia; 4. Podkladná doska formy pre hutnenie na ktorú sa upevňuje forma; 5. Zhutňovací podstavec; 6. Pätky; 7. Oceľová podkladná doska**

Po nasadení hutniaceho pechu bolo skúšobné teleso zhutnené po dobu 55 s, 50 údermi, pričom hutniaci baran pechu padal z výšky  $460 \pm 3$  mm. Po dokončení hutnenia bola



skúšobná vzorka otočená a proces hutnenia sa zopakoval. Spätný náraz hutniaceho pechu po dopadu sa nesmel zachytávať. Podľa účelu skúšky a typu zmesi mohlo byť teleso zhutňované rôznymi počtami úderov. Po ukončení hutnenia bola valcová forma vybratá a odstránili sa z nej papierové kolesá. Skúšobné teleso sa ochladilo na vzduchu a potom sa vysunulo z formy pomocou výtláčného zariadenia. [4]

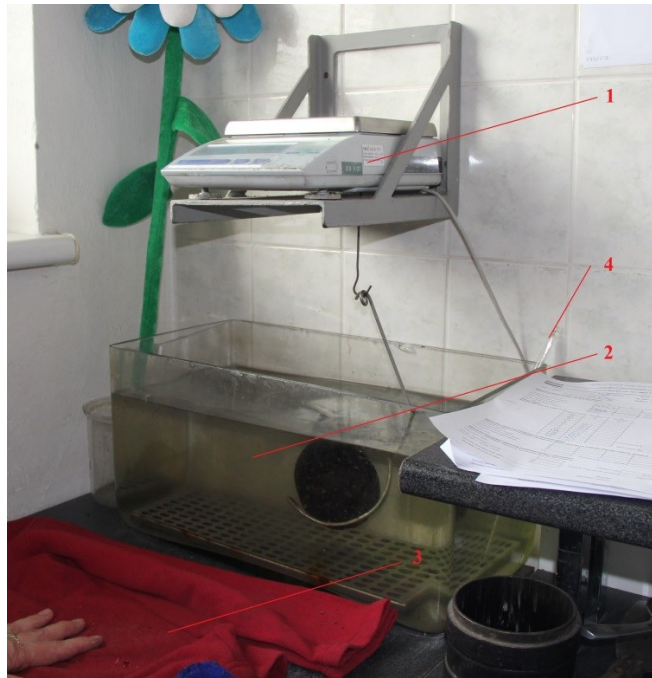


**Obr. 21 Výtláčné zariadenie**

Po vytlačení sa skúšobné teleso uložilo na rovný povrch a následne sa nechalo ochladiť na teplotu v rozmedzí 18 až 28 °C.

Pri stanovení objemovej hmotnosti na vývrtoch boli vzorky vytvorené pomocou prístroja na skúšku spojenia vrstiev, pretože túto skúšku vyžadoval investor. Ďalším spôsobom na získavanie potrebných skúšobných vzoriek z vývrtov bol taký, že sa vývrty narezali pomocou reznej brúsky s diamantovým kotúčom.

Skúšobné zariadenia a pomôcky potrebné k určovaniu Vzťažnej objemovej hmotnosti a objemovej hmotnosti na vývrtoch:



**Obr. 22 1. Digitálne váhy; 2. Vodný kúpeľ; 3. Textília na osušenie vzorky 4. Teplomer**

Vzťažnú objemovú hmotnosť a objemovú hmotnosť na vývrtoch zisťujeme podľa bodu **b)** **nasýtený suchý povrch ( SSD )**, postup bol nasledovný:

1. Stanovila sa hmotnosť suchého skúšobného telesa  $m_1$  s presnosťou  $\pm 0,1$  g
2. Skúšobné teleso sa ponorilo do vodného kúpeľa udržiavané pri konštantnej skúšobnej teplote  $26^\circ\text{C}$ . Teleso bolo ponechané dostatočne dlho vo vode, aby sa nasýtilo tak, aby sa jeho hmotnosť po nasýtení ustálila na konštantnú hodnotu.
3. Po ustálení sa určila hmotnosť ponoreného nasýteného skúšobného telesa  $m_2$ , bolo potrebné dávať pozor, aby pri vážení na povrchu telesa nevznikali žiadne vzduchové bubliny.
4. Teleso sa vytiahlo z vody a povrchovo sa osušilo pomocou textílie a zvažila sa hmotnosť nasýteného telesa vodou na vzduchu  $m_3$ .

Objemová hmotnosť bola vypočítaná zo vzťahu:

$$\rho_v = \frac{m_1}{m_3 - m_2} \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] \quad (6)$$

5. Vyhotovil sa protokol o skúške, ktorý podľa ČSN EN 12697 – 6 obsahoval tieto údaje:

- Pôvod skúšaného telesa
- Hrúbka skúšaného telesa v mm, pokiaľ sa jedná o vývrt z vozovky
- Iné rozmery skúšobného telesa, pokiaľ sa požaduje
- Hmotnosť suchého telesa v g
- Skúšobný postup, ktorý bol použitý
- Použitý tesniaci materiál, v prípade vhodnosti
- Objemová hmotnosť v  $\text{Mg/m}^3$  s presnosťou na  $0,001 \text{ Mg/m}^3$  [6]

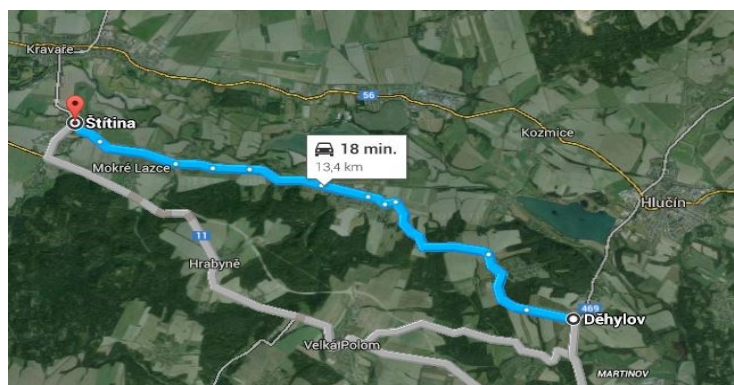
### 3.3 Miesta merania

V rámci spolupráce s Technickým skúšobným inštitútom (TPA) boli namerané objemové hmotnosti pomocou prístrojov Troxler a bola stanovená objemová hmotnosť na vývrtoch pre tieto stavby: Rekonštrukcia cesty III/4673 Štítina – Děhylov, Rekonštrukcia cesty II/467 Štítina - Kravaře – Štěpánkovice – Koberice, Rekonštrukcia cesty II/647 Klimkovice – Poruba. Merania na týchto stavbách boli potrebné pre diplomovú prácu, pretože všetky boli zhotovené na rovnakom mieste, čiže v mieste vývrtov. Jednalo sa o rovnakú vrstvu ACO 11+ hrúbky 50 mm.

Ďalej boli namerané ešte ďalšie dve stavby a to: Rekonštrukcia cesty I/41 Vlachov – Rájec – Jednalo sa o ložnú vrstvu asphaltovej zmesi ACL 22 S o hrúbke 70 mm. Na tejto komunikácii však neboli zhotovené vývrty, bola nameraná objemová hmotnosť pomocou prístrojov Troxler dňa 17. 6. 2014 (v počtu 24 meraní, každé meranie sa skladá zo zámeru vpred a vzad) a bola stanovená vzťažná objemová hmotnosť pre stanovenie miery zhutnenia. Rekonštrukcia ulice Bohumínská v Ostrave - Kde sa vyhotovili po tri merania s každou sondou v mieste vývrtu. Jednalo sa o obrusnú vrstvu asphaltovej zmesi ACO 11+ hrúbky 40 mm. Meranie bolo vyhotovené dňa 25.8.2014 a slúžilo taktiež ku kontrole miery zhutnenia.

### 3.3.1 Rekonštrukcia cesty III/4673 Štítina – Děhylov

Na tomto meranom úseku rekonštrukcie cesty III/4673 Štítina – Děhylov dĺžky 13,4 km, sa vykonalo dňa 21.7.2014, celkovo 8 vývrtov, podľa žiadosti investora. Počasie bolo polooblačné a teplota vzduchu sa pohybovala okolo 25°C. V miestach vývrtov bola zmeraná objemová hmotnosť asfaltovej obrusnej vrstvy ACO 11+ hrúbky 50 mm, pomocou prístrojov Troxler vid'. Tab. 2. Takisto bola stanovená vzťažná objemová hmotnosť zmesi pred začiatkom položenia vrstiev, pre daný úsek.



Obr. 23 cesta III/4673 Štítina – Děhylov

Tabuľka č.2 Namerané hodnoty jednotlivých metód

Staničenie sond v km	číslo sondy	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Vývrt [Mg/m <sup>3</sup> ]	Vzťažná obj. [Mg/m <sup>3</sup> ]
		V <sub>t1</sub>	V <sub>t2</sub>	V <sub>p1</sub>	V <sub>p2</sub>	V <sub>v</sub>	V <sub>s</sub>
5,00000 od Z.Ú. LS	1	2,271	2,304	2,304	2,294	2,301	2,340
4,25000 od Z.Ú. PS	2	2,328	2,316	2,150	2,129	2,342	2,340
3,50000 od Z.Ú. LS	3	2,290	2,294	2,104	2,073	2,332	2,340
2,75000 od Z.Ú. PS	4	2,283	2,306	2,168	2,195	2,327	2,340
2,00000 od Z.Ú. LS	5	2,337	2,322	2,175	2,150	2,357	2,340
1,25000 od Z.Ú. PS	6	2,340	2,372	2,297	2,307	2,297	2,340
0,50000 od Z.Ú. LS	7	2,275	2,246	2,206	2,242	2,294	2,340
0,75000 od Z.Ú. PS	8	2,255	2,277	2,095	2,104	2,298	2,340
Priemer						2,319	2,340

Vt <sub>1</sub>	Zámery vpred radiometrickou sondou Troxler 3440
Vt <sub>2</sub>	Zámery vzad radiometrickou sondou Troxler 3440
Vp <sub>1</sub>	Zámery vpred neradiometrickou sondou Troxler 2701
Vp <sub>2</sub>	Zámery vzad neradiometrickou sondou Troxler 2701
Vt	Priemer objemových hmotností radiometrickou sondou Troxler 3440
Vp	Priemer objemových hmotností neradiometrickou sondou Troxler 2701
Vv	Objemová hmotnosť nameraná pomocou spracovania vývrtov
Vs	Vzťažná objemová hmotnosť stanovená v laboratóriu pre meraný úsek
Z.Ú	Začiatok meraného úseku v smere staničenia
PS,LS	Pravá a ľavá strana merania + vývrtov v smere staničenia

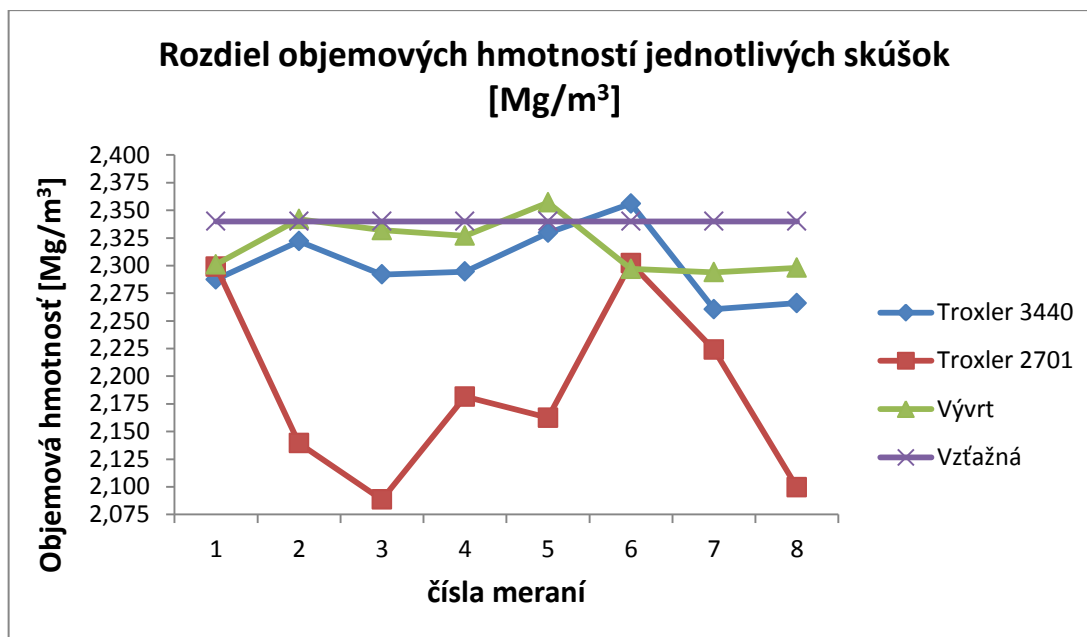
Pre potreby diplomovej práce boli jednotlivé metódy porovnané a zistené ich rozdiely v meraniach vid'. Tab. 3.

**Tabuľka č.3 Rozdiely jednotlivých metód**

	<b>Troxler 3440 [Mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Troxler 2701 [Mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Rozdiel [Mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Rozdiel [Mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Rozdiel sond [Mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Rozdiel [Mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Rozdiel [Mg/m<sup>3</sup>]</b>	<b>Rozdiel [Mg/m<sup>3</sup>]</b>
<b>číslo sondy</b>	<b>Priemer Vt</b>	<b>Priemer Vp</b>	<b>Vv - Vt</b>	<b>Vv - Vp</b>	<b>Vt - Vp</b>	<b>Vs - Vt</b>	<b>Vs - Vp</b>	<b>Vs - Vv</b>
<b>1</b>	2,288	2,299	0,014	0,002	-0,012	0,0525	0,041	0,039
<b>2</b>	2,322	2,140	0,020	0,203	0,183	0,018	0,2005	-0,002
<b>3</b>	2,292	2,089	0,040	0,244	0,204	0,048	0,2515	0,008
<b>4</b>	2,295	2,182	0,032	0,146	0,113	0,0455	0,1585	0,013
<b>5</b>	2,330	2,163	0,027	0,195	0,167	0,0105	0,1775	-0,017
<b>6</b>	2,356	2,302	-0,059	-0,005	0,054	-0,016	0,038	0,043
<b>7</b>	2,261	2,224	0,034	0,070	0,036	0,0795	0,116	0,046
<b>8</b>	2,266	2,100	0,032	0,199	0,167	0,074	0,2405	0,042
<b>Priem</b>	<b>2,301</b>	<b>2,187</b>	<b>0,018</b>	<b>0,131</b>	<b>0,114</b>	<b>0,039</b>	<b>0,153</b>	<b>0,021</b>

Tieto hodnoty boli takisto graficky porovnané vid'. Obr. 24.





**Obr. 24 Grafické porovnanie metód**

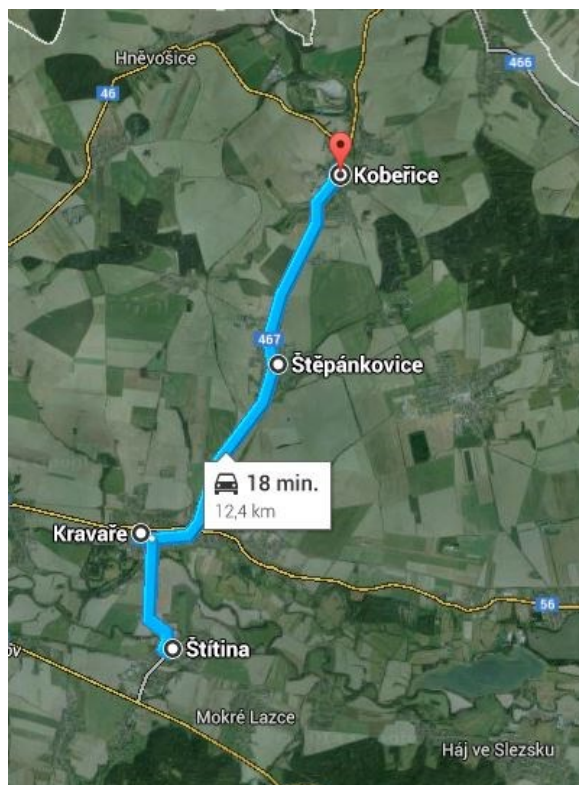
Miera zhutnenia pre danú oblasť bola stanovená podľa ČSN 73 6121 vid'. Tab.1. Jednalo sa o porovnanie objemových hmotností Troxler so vzťažnou objemovou hmotnosťou stanovenou pred začiatkom, v laboratóriu.

**Tabuľka č.4 Miera zhutnenia pre danú stavbu**

číslo sondy	Miera zhutnenia Vt/Vs *100 [ % ]	Miera zhutnenia Vp/Vs *100 [ % ]
1	97,8%	98,3%
2	99,2%	91,4%
3	98,0%	89,3%
4	98,1%	93,2%
5	99,6%	92,4%
6	100,7%	98,4%
7	96,6%	95,0%
8	96,8%	89,7%
<b>Priemer</b>	<b>98,3%</b>	<b>93,5%</b>

Miera zhutnenia vid'. Tab. č. 4, pre cestu III/4673 Štítina – Děhylov bola podľa sondy Troxler 3440 vyhovujúca priemerne **98,3 %**, avšak podľa sondy Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss bola stanovená ako nevyhovujúca priemerne **93,5 %**.

### 3.3.2 Rekonštrukcia cesty II/467 Štítina – Kravaře – Štěpánkovice – Kobeřice



**Obr. 25 cesta II/467 Štítina - Kravaře – Štěpánkovice – Kobeřice**

Na tomto meranom úseku rekonštrukcie cesty II/467 Štítina - Kravaře – Štěpánkovice – Kobeřice dĺžky 12,4 km, bolo dňa 30.4.2014 vykonané celkovo 7 vývrtov, podľa žiadosti investora. Počasie počas merania bolo polojasné s teplotou vzduchu 19°C. V miestach vývrtov bola zmeraná objemová hmotnosť asfaltovej obrusnej vrstvy ACO 11+ hrúbky 50 mm, pomocou prístrojov Troxler vid'. Tab. 5.

Ďalej bol celý úsek rozdelený do 3 samostatných úsekov. Na prvom úseku Štítina – Kravaře boli vyhotovené 2 vývrty a po 10 priemerných meraní prístrojmi Troxler. V druhom úseku Kravaře - Štěpánkovice boli zhotovené 3 vývrty a 14 priemerných meraní prístrojmi Troxler. Tretí úsek Štěpánkovice – Kobeřice mal zhotovené 2 vývrty a 16 priemerných meraní prístrojmi Troxler. Takisto bola stanovená vzťahná objemová hmotnosť zmesi pred začiatkom polozenia vrstiev pre kontrolu miery zhutnenia.

Tabuľka č.5 Namerané hodnoty jednotlivých metód

Staničenie sond v km	číslo sondy	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Vývrt [Mg/m <sup>3</sup> ]	Vzťažná obj. [Mg/m <sup>3</sup> ]
		V <sub>t1</sub>	V <sub>t2</sub>	V <sub>p1</sub>	V <sub>p2</sub>	V <sub>v</sub>	V <sub>s</sub>
0,02500 od Z.Ú. PS	1	2,302	2,297	2,315	2,294	2,274	2,332
0,52500 od Z.Ú. LS	2	2,312	2,344	2,302	2,260	2,310	2,332
0,21000 od Z.Ú. PS	3	2,285	2,299	2,150	2,110	2,323	2,342
0,75500 od Z.Ú. LS	4	2,253	2,262	2,097	2,133	2,284	2,342
1,57000 od Z.Ú. PS	5	2,245	2,280	2,056	2,099	2,286	2,342
0,10000 od Z.Ú. PS	6	2,269	2,273	2,223	2,181	2,309	2,358
1,40000 od Z.Ú. LS	7	2,300	2,296	2,215	2,250	2,324	2,358
Priemer						2,301	2,344

V<sub>t1</sub> Zámery vpred radiometrickou sondou Troxler 3440

V<sub>t2</sub> Zámery vzad radiometrickou sondou Troxler 3440

V<sub>p1</sub> Zámery vpred neradiometrickou sondou Troxler 2701

V<sub>p2</sub> Zámery vzad neradiometrickou sondou Troxler 2701

V<sub>t</sub> Priemer objemových hmotností radiometrickou sondou Troxler 3440

V<sub>p</sub> Priemer objemových hmotností neradiometrickou sondou Troxler 2701

V<sub>v</sub> Objemová hmotnosť nameraná pomocou spracovania vývrtov

V<sub>s</sub> Vzťažná objemová hmotnosť stanovená v laboratóriu pre meraný úsek

Z.Ú. Začiatok meraného úseku v smere staničenia

PS Miesto merania + vývrt na pravej strane v smere staničenia

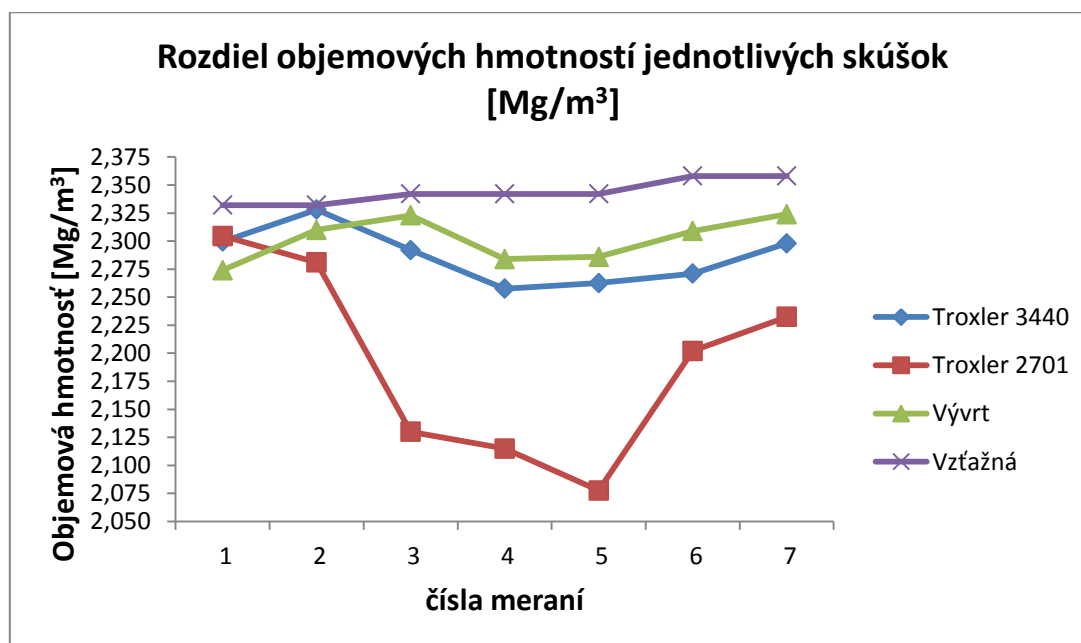
LS Miesto merania + vývrt na ľavej strane v smere staničenia

Pre potreby diplomovej práce boli jednotlivé metódy porovnané a zistené ich rozdiely v meraniach vid'. Tab. 6

Tabuľka č.6 Rozdiely jednotlivých metód

číslo sondy	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]	Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel sond [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]
	Priemer Vt	Priemer Vp	Vv - Vt	Vv - Vp	Vt - Vp	Vs - Vt	Vs - Vp	Vs - Vv
1	2,300	2,305	-0,026	-0,031	-0,005	0,0325	0,0275	0,058
2	2,328	2,281	-0,018	0,029	0,047	0,004	0,051	0,022
3	2,292	2,130	0,031	0,193	0,162	0,05	0,212	0,019
4	2,258	2,115	0,026	0,169	0,143	0,0845	0,227	0,058
5	2,263	2,078	0,023	0,209	0,185	0,0795	0,2645	0,056
6	2,271	2,202	0,038	0,107	0,069	0,087	0,156	0,049
7	2,298	2,233	0,026	0,091	0,066	0,06	0,1255	0,034
Priemer	2,287	2,192	0,015	0,110	0,095	0,057	0,152	0,042

Tieto hodnoty boli takisto graficky porovnané vid'. Obr. 26.



Obr. 26 Grafické porovnanie metód

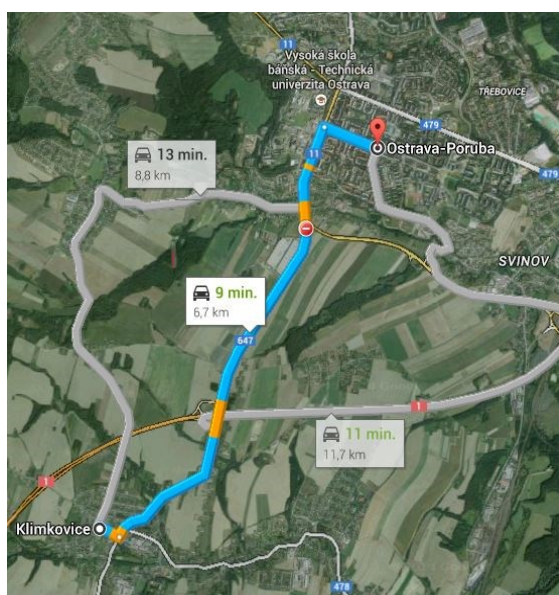
Miera zhutnenia pre danú oblasť bola stanovená podľa ČSN 73 6121 vid'. Tab.1. Jednalo sa o porovnanie objemových hmotností Troxler zo vzťažnou objemovou hmotnosťou stanovenou pred začiatkom v laboratóriu vid'. Kap.3.2.

**Tabuľka č.7 Miera zhutnenia pre danú stavbu**

číslo sondy	Miera zhutnenia $V_t/V_s \cdot 100$ [ % ]	Miera zhutnenia $V_p/V_s \cdot 100$ [ % ]
1	98,6%	98,8%
2	99,8%	97,8%
3	97,9%	90,9%
4	96,4%	90,3%
5	96,6%	88,7%
6	96,3%	93,4%
7	97,5%	94,7%
<b>Priemer</b>	<b>97,6%</b>	<b>93,5%</b>

Miera zhutnenia vid'. Tab. č. 7, pre cestu II/467 Štítina - Kravaře – Štěpánkovice – Koberice bola podľa sondy Troxler 3440 vyhovujúca priemerne **97,6 %**, avšak podľa sondy Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss bola stanovená ako nevyhovujúca priemerná **93,5 %**.

### 3.3.3 Rekonštrukcia cesty II/467 Klimkovice – Ostrava Poruba



**Obr. 27 cesta II/467 Klimkovice – Ostrava – Poruba**

Na tomto meranom úseku rekonštrukcie cesty II/467 Klimkovice – Ostrava – Poruba dĺžky 6,7 km bolo vykonané dňa 3.10.2014 celkovo 7 vývrtov, podľa žiadosti investora. Počasie v deň merania bolo oblačné a teplota sa pohybovala okolo 10°C. V miestach vývrtov bola zmeraná objemová hmotnosť asfaltovej obrusnej vrstvy ACO 11+ hrúbky 50 mm, pomocou prístrojov Troxler vid'. Tab. 8. Takisto bola stanovená vzťažná objemová hmotnosť zmesi pred začiatkom polozenia vrstiev pre kontrolu miery zhutnenia.

**Tabuľka č.8 Namerané hodnoty jednotlivých metód**

Staničenie sond v km	číslo sondy	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Vývrt [Mg/m <sup>3</sup> ]	Vzťažná obj. [Mg/m <sup>3</sup> ]
		V <sub>t1</sub>	V <sub>t2</sub>	V <sub>p1</sub>	V <sub>p2</sub>	V <sub>v</sub>	V <sub>s</sub>
1,77000 od Ostravy LS	1	2,310	2,332	2,128	2,120	2,345	2,354
0,94000 od Ostr. LS	2	2,269	2,292	2,144	2,094	2,332	2,354
0,56000 od Ostravy LS	3	2,309	2,290	2,177	2,187	2,366	2,354
0,32000 od Ostravy LS	4	2,304	2,298	2,109	2,129	2,285	2,354
0,22000 od Ostravy LS	5	2,328	2,336	2,133	2,121	2,374	2,354
0,46000 od Ostravy PS	6	2,278	2,285	2,122	2,111	2,304	2,354
0,33000 od Ostravy PS	7	2,290	2,298	2,110	2,126	2,297	2,354
<b>Priemer</b>						<b>2,329</b>	<b>2,354</b>

V<sub>t1</sub> Zámery vpred radiometrickou sondou Troxler 3440

V<sub>t2</sub> Zámery vzad radiometrickou sondou Troxler 3440

V<sub>p1</sub> Zámery vpred neradiometrickou sondou Troxler 2701

V<sub>p2</sub> Zámery vzad neradiometrickou sondou Troxler 2701

V<sub>t</sub> Priemer objemových hmotností radiometrickou sondou Troxler 3440

V<sub>p</sub> Priemer objemových hmotností neradiometrickou sondou Troxler 2701

V<sub>v</sub> Objemová hmotnosť nameraná pomocou spracovania vývrtov

V<sub>s</sub> Vzťažná objemová hmotnosť stanovená v laboratóriu pre meraný úsek

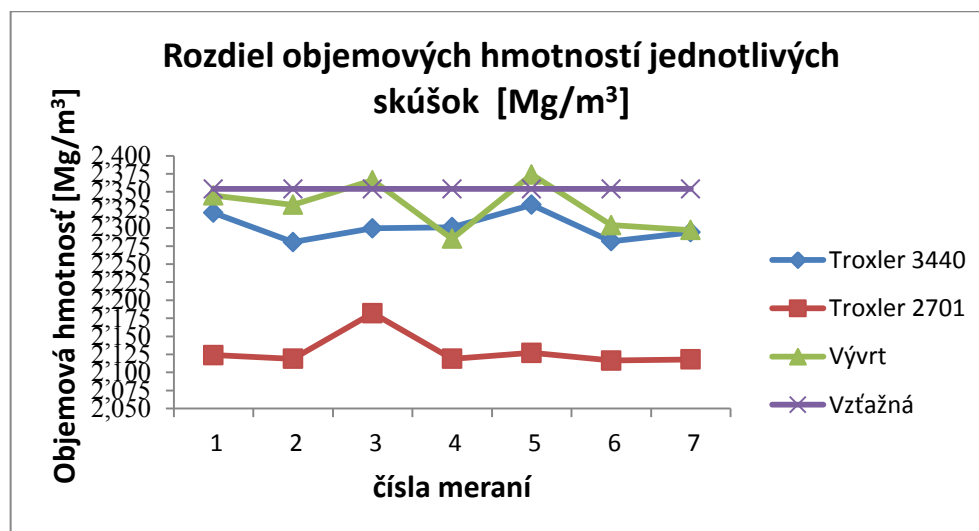
PS,LS      Pravá a ľavá strana merania + vývrtov v smere staničenia

Pre potreby diplomovej práce boli jednotlivé metódy porovnané a zistené ich rozdiely v meraniach vid'. Tab. 9

**Tabuľka č.9 Rozdiely jednotlivých metód**

číslo sondy	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]	Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel sond [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]
	Priemer Vt	Priemer Vp	Vv - Vt	Vv - Vp	Vt - Vp	Vs - Vt	Vs - Vp	Vs - Vv
1	2,321	2,124	0,024	0,221	0,197	0,033	0,23	0,009
2	2,281	2,119	0,051	0,213	0,162	0,0735	0,235	0,022
3	2,300	2,182	0,067	0,184	0,118	0,0545	0,172	-0,012
4	2,301	2,119	-0,016	0,166	0,182	0,053	0,235	0,069
5	2,332	2,127	0,042	0,247	0,205	0,022	0,227	-0,02
6	2,282	2,117	0,022	0,188	0,165	0,0725	0,2375	0,05
7	2,294	2,118	0,003	0,179	0,176	0,06	0,236	0,057
<b>Priemer</b>	<b>2,301</b>	<b>2,129</b>	<b>0,028</b>	<b>0,200</b>	<b>0,172</b>	<b>0,053</b>	<b>0,225</b>	<b>0,025</b>

Tieto hodnoty boli takisto graficky porovnané vid'. Obr. 20.



**Obr. 28 Grafické porovnanie metód**

Miera zhutnenia pre danú oblasť bola stanovená podľa ČSN 73 6121 vid'. Tab.1.

Jednalo sa o porovnanie objemových hmotností Troxler so vzťahnou objemovou hmotnosťou stanovenou pred začiatkom v laboratóriu vid'. Kap.3.2.

**Tabuľka č.10 Miera zhutnenia pre danú stavbu**

číslo sondy	Miera zhutnenia $V_t/V_s \cdot 100$ [ % ]	Miera zhutnenia $V_p/V_s \cdot 100$ [ % ]
1	98,6%	90,2%
2	96,9%	90,0%
3	97,7%	92,7%
4	97,7%	90,0%
5	99,1%	90,4%
6	96,9%	89,9%
7	97,5%	90,0%
<b>Priemer</b>	<b>97,8%</b>	<b>90,5%</b>

Miera zhutnenia vid'. Tab. č. 10, pre cestu II/467 Klimkovice – Ostrava – Poruba bola podľa sondy Troxler 3440 vyhovujúca priemerne **97,8 %**, avšak podľa sondy Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss bola stanovená ako nevyhovujúca priemerná **90,5 %**.

### 3.4 Metódy spracovania výsledkov a korelačné súčinitele

V tejto kapitole je spracované vyhodnotenie presností obidvoch prístrojov. Z tohto dôvodu boli použité dva hodnotiace súbory.

Prvý súbor bol vytvorený zo všetkých nameraných hodnôt objemovej hmotnosti na jednotlivých stavbách, ktoré sa **zhotovili v mieste vývrtov vid'. Tab. 11**. Celkovo bolo pre prvý súbor použitých 22 hodnôt z každej metódy, na týchto troch stavbách: cesta III/4673 Štítina – Děhylov – 8 hodnot, cesta II/467 Štítina - Kravaře – Štěpánkovice – Koberice – 7 hodnot, cesta II/467 Klimkovice – Ostrava – Poruba – 7 hodnôt. Jednalo sa o rovnaký typ zmesi ACO 11+. Hrúbka každej uloženej obrusnej vrstvy bola 50 mm. Teplota pri meraní nemala vplyv na presnosť výsledkov. Tieto parametre pre hodnotiaci súbor sú najdôležitejšie. Ostatné parametre ako sú napr. dátum uloženia zmesi, teplota pri pokládke, rýchlosť uloženia zmesi, rozdielne miesto pokladania asfaltovej zmesi, boli pre hodnotiaci súbor nepodstatné.



**Tabuľka č.11 Prvý hodnotiaci súbor ACO 11+, hrúbky 50 mm**

Poradové číslo sondy	Staničenie sond v km	číslo sondy	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Vývrt [Mg/m <sup>3</sup> ]
			Vt1	Vt2	Vp1	Vp2	Vv
1	5,00000 od Z.Ú. LS	1	2,271	2,304	2,304	2,294	2,301
2	4,25000 od Z.Ú. PS	2	2,328	2,316	2,150	2,129	2,342
3	3,50000 od Z.Ú. LS	3	2,290	2,294	2,104	2,073	2,332
4	2,75000 od Z.Ú. PS	4	2,283	2,306	2,168	2,195	2,327
5	2,00000 od Z.Ú. LS	5	2,337	2,322	2,175	2,150	2,357
6	1,25000 od Z.Ú. PS	6	2,340	2,372	2,297	2,307	2,297
7	0,50000 od Z.Ú. LS	7	2,275	2,246	2,206	2,242	2,294
8	0,75000 od Z.Ú. PS	8	2,255	2,277	2,095	2,104	2,298
9	0,02500 od Z.Ú. PS	1	2,302	2,297	2,315	2,294	2,274
10	0,52500 od Z.Ú. LS	2	2,312	2,344	2,302	2,260	2,310
11	0,21000 od Z.Ú. PS	3	2,285	2,299	2,150	2,110	2,323
12	0,75500 od Z.Ú. LS	4	2,253	2,262	2,097	2,133	2,284
13	1,57000 od Z.Ú. PS	5	2,245	2,280	2,056	2,099	2,286
14	0,10000 od Z.Ú. PS	6	2,269	2,273	2,223	2,181	2,309
15	1,40000 od Z.Ú. LS	7	2,300	2,296	2,215	2,250	2,324
16	1,77000 od Ostravy LS	1	2,310	2,332	2,128	2,120	2,345
17	0,94000 od Ostravy LS	2	2,269	2,292	2,144	2,094	2,332
18	0,56000 od Ostravy LS	3	2,309	2,290	2,177	2,187	2,366
19	0,32000 od Ostravy LS	4	2,304	2,298	2,109	2,129	2,285
20	0,22000 od Ostravy LS	5	2,328	2,336	2,133	2,121	2,374
21	0,46000 od Ostravy PS	6	2,278	2,285	2,122	2,111	2,304
22	0,33000 od Ostravy PS	7	2,290	2,298	2,110	2,126	2,297

Vt<sub>1</sub>      Zámery vpred radiometrickou sondou Troxler 3440

V <sub>t2</sub>	Zámery vzad radiometrickou sondou Troxler 3440
V <sub>p1</sub>	Zámery vpred neradiometrickou sondou Troxler 2701
V <sub>p2</sub>	Zámery vzad neradiometrickou sondou Troxler 2701
V <sub>v</sub>	Objemová hmotnosť nameraná pomocou spracovania vývrtov
V <sub>s</sub>	Vzťažná objemová hmotnosť stanovená v laboratóriu pre meraný úsek
Z.Ú	Začiatok meraného úseku v smere staničenia
PS	Miesto merania + vývrt na pravej strane v smere staničenia
LS	Miesto merania + vývrt na ľavej strane v smere staničenia

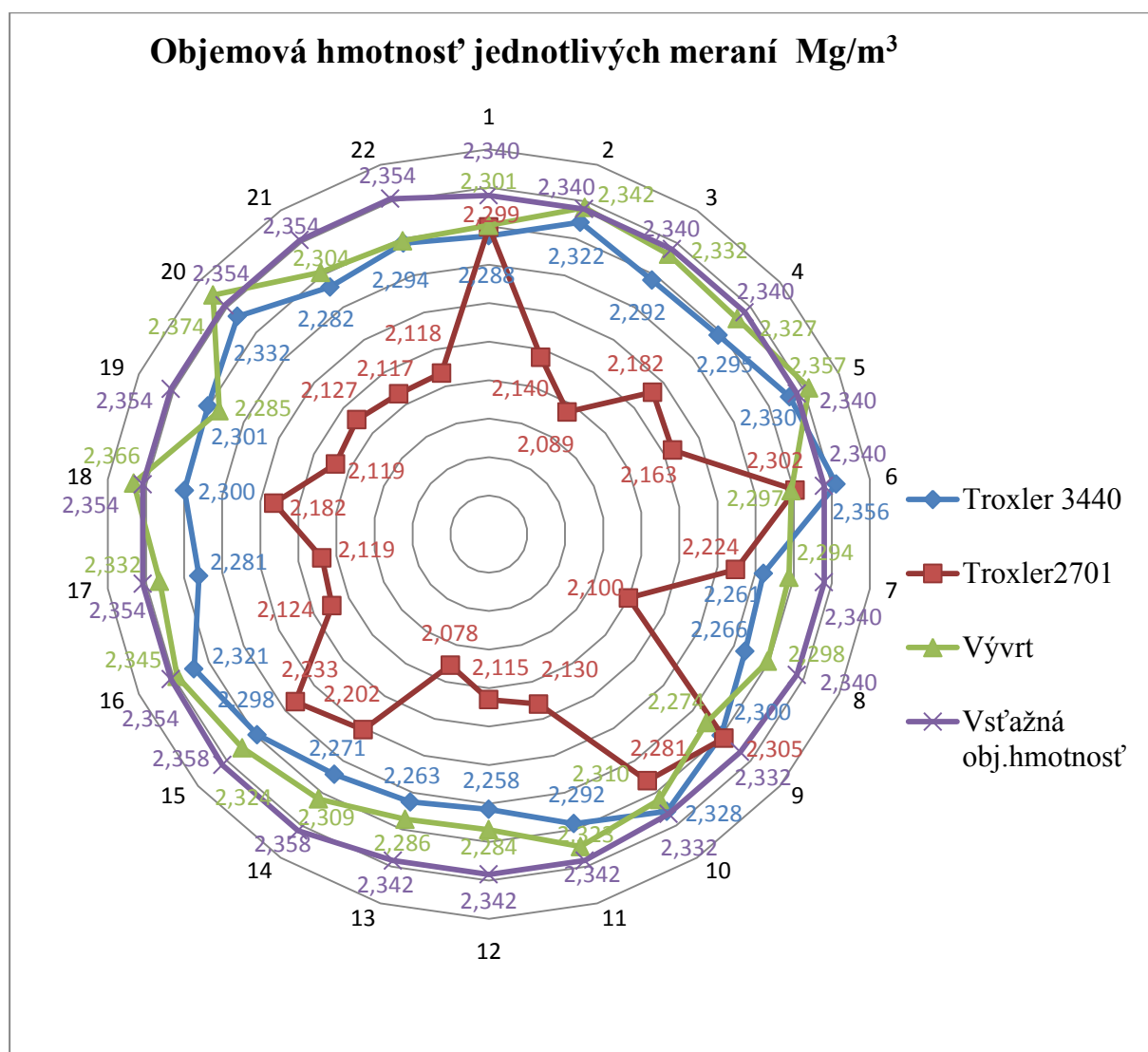
**Tabuľka č.12 Rozdiely jednotlivých metód pre prvý hodnotiaci súbor**

Poradové číslo	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]	Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel sond [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Vzťažná obj. [Mg/m <sup>3</sup> ]
P.č	Priemer V <sub>t</sub>	Priemer V <sub>p</sub>	V <sub>v</sub> - V <sub>t</sub>	V <sub>v</sub> - V <sub>p</sub>	V <sub>t</sub> - V <sub>p</sub>	V <sub>s</sub> - V <sub>t</sub>	V <sub>s</sub>
1	2,288	2,299	0,014	0,002	-0,012	0,053	2,340
2	2,322	2,140	0,020	0,203	0,183	0,018	2,340
3	2,292	2,089	0,040	0,244	0,204	0,048	2,340
4	2,295	2,182	0,032	0,146	0,113	0,045	2,340
5	2,330	2,163	0,027	0,195	0,167	0,010	2,340
6	2,356	2,302	-0,059	-0,005	0,054	-0,016	2,340
7	2,261	2,224	0,034	0,070	0,036	0,079	2,340
8	2,266	2,100	0,032	0,199	0,167	0,074	2,340
9	2,300	2,305	-0,026	-0,031	-0,005	0,032	2,332
10	2,328	2,281	-0,018	0,029	0,047	0,004	2,332
11	2,292	2,130	0,031	0,193	0,162	0,050	2,342
12	2,258	2,115	0,026	0,169	0,143	0,084	2,342
13	2,263	2,078	0,023	0,209	0,185	0,079	2,342
14	2,271	2,202	0,038	0,107	0,069	0,087	2,358
15	2,298	2,233	0,026	0,091	0,066	0,060	2,358
16	2,321	2,124	0,024	0,221	0,197	0,033	2,354
17	2,281	2,119	0,051	0,213	0,162	0,074	2,354
18	2,300	2,182	0,067	0,184	0,118	0,055	2,354
19	2,301	2,119	-0,016	0,166	0,182	0,053	2,354
20	2,332	2,127	0,042	0,247	0,205	0,022	2,354
21	2,282	2,117	0,022	0,188	0,165	0,072	2,354
22	2,294	2,118	0,003	0,179	0,176	0,060	2,354

Hodnoty objemových hmotností z meraní prístrojmi Troxler boli spriemerované a porovnané s objemovými hmotnosťami z vývrtov vid'. Tab. 12.

Vt Priemer objemových hmotností radiometrickou sondou Troxler 3440

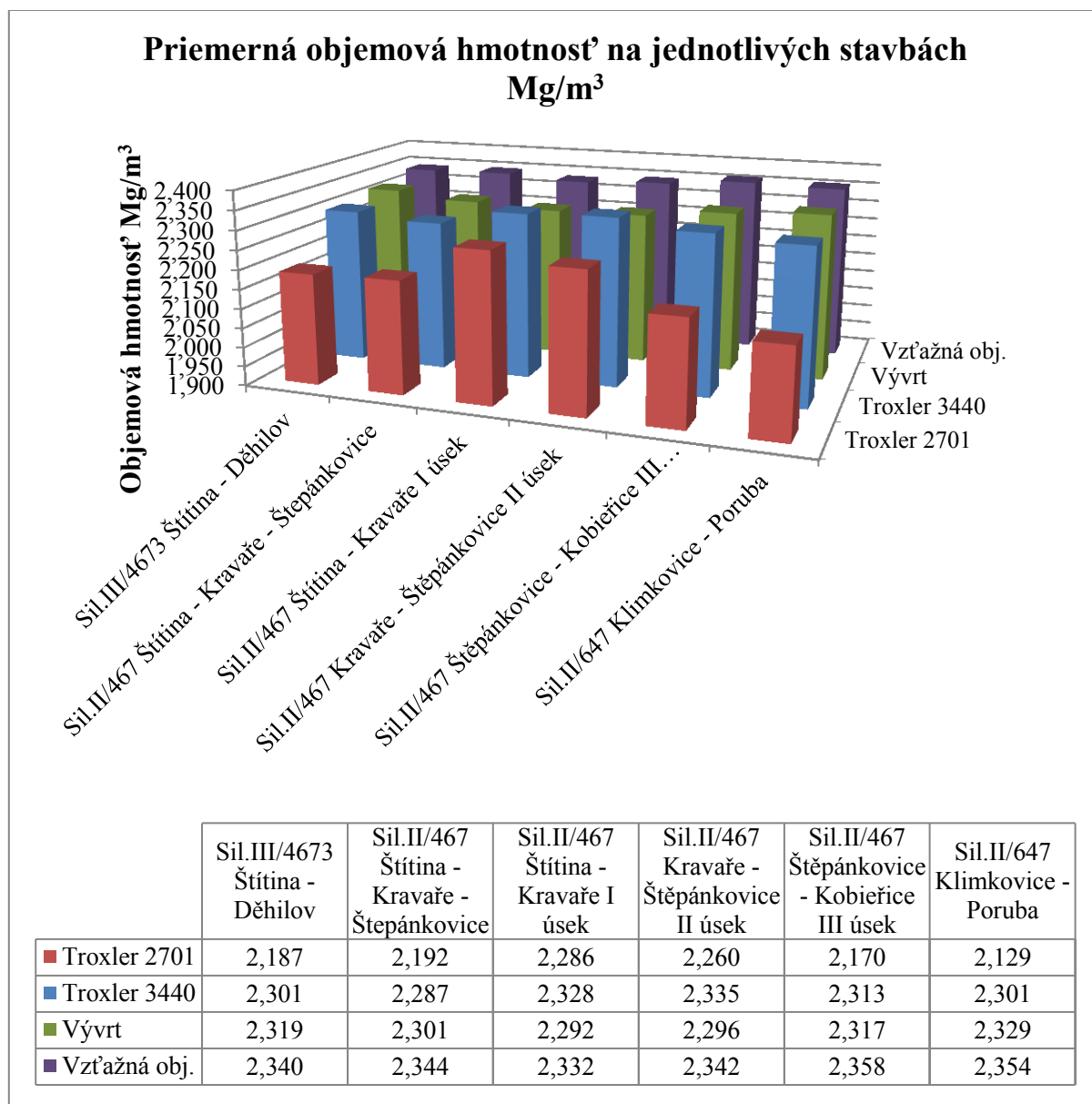
Vp Priemer objemových hmotností neradiometrickou sondou Troxler 2701



**Obr. 29 Grafické znázornenie meraní pre prvý hodnotiaci súbor**

Z grafu a tabuľky č. 12 vyplýva, že najvyššie výsledky vzhľadom k objemovej hmotnosti zistenej na vývrtoch, dosahovala sonda Troxler 3440. Vzťážná objemová hmotnosť bola použitá iba pri kontrole miery zhutnenia.

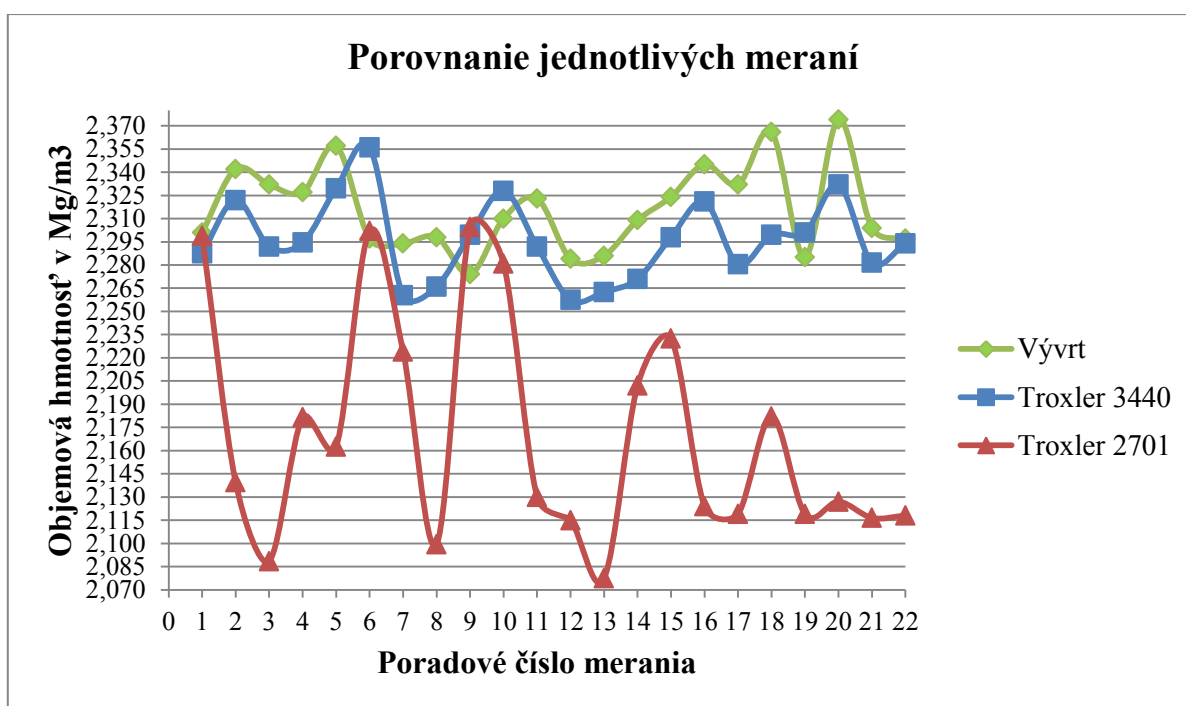
Sonda Troxler 3440 dosahovala až 100% správnosť výsledkov pri kontrole miery zhutnenia jednotlivých stavieb. Sonda Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss dosahovala iba 23%, čo predstavuje 5 správnych z použitých 22 meraní.



**Obr. 30 Graficky a číselne znázornená priemerná objemová hmotnosť na jednotlivých stavbách**

Priemerné merania jednotlivými metódami preukázali, že najnižšiu hodnotu objemovej hmotnosti na jednotlivých stavbách mala sonda Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss.

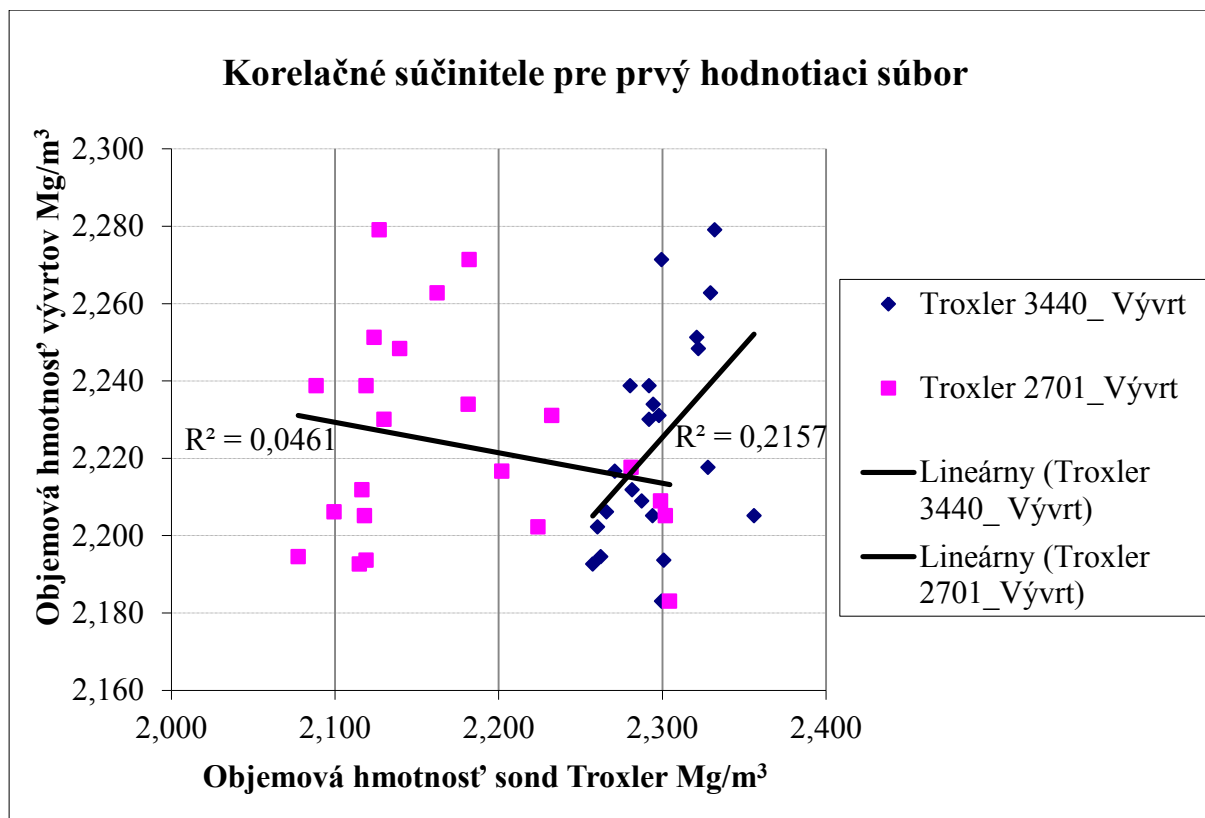
Výsledky tejto sondy sa priblížili k skutočnej objemovej hmotnosti nameranej na vývrtoch, iba na stavbe cesty II/467 Štítina - Kravaře – Štěpánkovice – Kobeřice a to konkrétne na prvom úseku Štítina – Kravaře a na druhom úseku Kravaře – Štěpánkovice vid'. Tabuľka v obr. 30. Sonda Troxler 3440 dosahovala na jednotlivých stavbách opačné výsledky. Avšak objemová hmotnosť nameraná prístrojom Troxler 3440 v dvoch prípadoch: stavba cesty II/467 Štítina - Kravaře – Štěpánkovice – Kobeřice a to konkrétne na prvom úseku Štítina – Kravaře a na druhom úseku Kravaře – Štěpánkovice, prekročila skutočnú objemovú hmotnosť zistenú na vývrtoch vid'. Tabuľka v obr. 30.



**Obr. 31 Graficky porovnané objemové hmotnosti jednotlivých meraní**

Sonda Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss mala priemernú odchýlku od objemovej hmotnosti zistenej na vývrte 6,9%, čo predstavuje 0,160 Mg/m<sup>3</sup>. Objemová hmotnosť nameraná pomocou sondy Troxler 3440 mala odchýlku od objemovej hmotnosti zistenej na vývrte iba 0,9%, čo predstavuje 0,021 Mg/m<sup>3</sup>.

Ďalej boli graficky určené korelačné súčinitele pre prvý hodnotiaci súbor.



**Obr. 32 Korelačné súčinitele prvého hodnotiaceho súboru**

Jednalo sa o grafické porovnanie hodnôt objemovej hmotnosti nameranej prístrojmi Troxler s objemovou hmotnosťou stanovenou na vývrtoch. Korelačné súčinitele sa približovali nule. Preto korelačná závislosť medzi meraniami neexistuje.

**Druhý hodnotiaci súbor** bol zostavený z hodnôt, ktoré boli poskytnuté z TPA. Jednalo sa o hodnoty objemových hmotností pre ložnú asfaltovú vrstvu LV hrúbky 80 mm. Typ použitej zmesi bol ABVH I. Celkovo bolo poskytnutých 19 hodnôt pre každú metódu. Hodnoty pre sondy Troxler boli namerané v tesnej blízkosti vývrtov.

Meranie sa odohrávalo v dopoludňajších hodinách, kedy teplota vzduchu dosahovala  $36^\circ\text{C}$ . Vysokou teplotou dochádzalo k nárastu hodnôt objemových hmotností u oboch meracích prístrojoch Troxler.

**Tabuľka č.13 Namerané hodnoty a ich rozdiely presností pre druhý hodnotiaci súbor**

číslo sondy	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]		Vývrt [Mg/m <sup>3</sup> ]	Troxler 3440 [Mg/m <sup>3</sup> ]	Troxler 2701 [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]	Rozdiel [Mg/m <sup>3</sup> ]
	Vt1	Vt2	Vp1	Vp2	Vv	Priemer Vt	Priemer Vp	Vv - Vt	Vv - Vp
1	2,364	2,312	2,368	2,364	2,366	2,338	2,366	0,028	0,000
2	2,324	2,270	2,283	2,286	2,376	2,297	2,285	0,079	0,091
3	2,237	2,268	2,271	2,297	2,355	2,253	2,284	0,103	0,071
4	2,145	2,192	2,317	2,269	2,323	2,169	2,293	0,155	0,030
5	2,247	2,263	2,404	2,409	2,324	2,255	2,407	0,069	-0,083
6	2,278	2,270	2,301	2,221	2,355	2,274	2,261	0,081	0,094
7	2,359	2,380	2,239	2,255	2,412	2,370	2,247	0,043	0,165
8	2,214	2,336	2,338	2,373	2,351	2,275	2,356	0,076	-0,005
9	2,278	2,158	2,352	2,279	2,361	2,218	2,316	0,143	0,046
10	2,189	2,174	2,401	2,340	2,335	2,182	2,371	0,154	-0,035
11	2,319	2,247	2,285	2,286	2,420	2,283	2,286	0,137	0,135
12	2,315	2,307	2,272	2,283	2,391	2,311	2,278	0,080	0,114
13	2,330	2,359	2,341	2,338	2,382	2,345	2,340	0,038	0,043
14	2,366	2,237	2,354	2,347	2,310	2,302	2,351	0,009	-0,041
15	2,316	2,313	2,316	2,356	2,370	2,315	2,336	0,056	0,034
16	2,243	2,242	2,367	2,352	2,331	2,243	2,360	0,089	-0,028
17	2,172	2,244	2,260	2,290	2,363	2,208	2,275	0,155	0,088
18	2,256	2,209	2,440	2,446	2,309	2,233	2,443	0,077	-0,134
19	2,256	2,185	2,361	2,386	2,331	2,221	2,374	0,111	-0,043

Vt<sub>1</sub>      Zámery vpred radiometrickou sondou Troxler 3440

Vt<sub>2</sub>      Zámery vzad radiometrickou sondou Troxler 3440

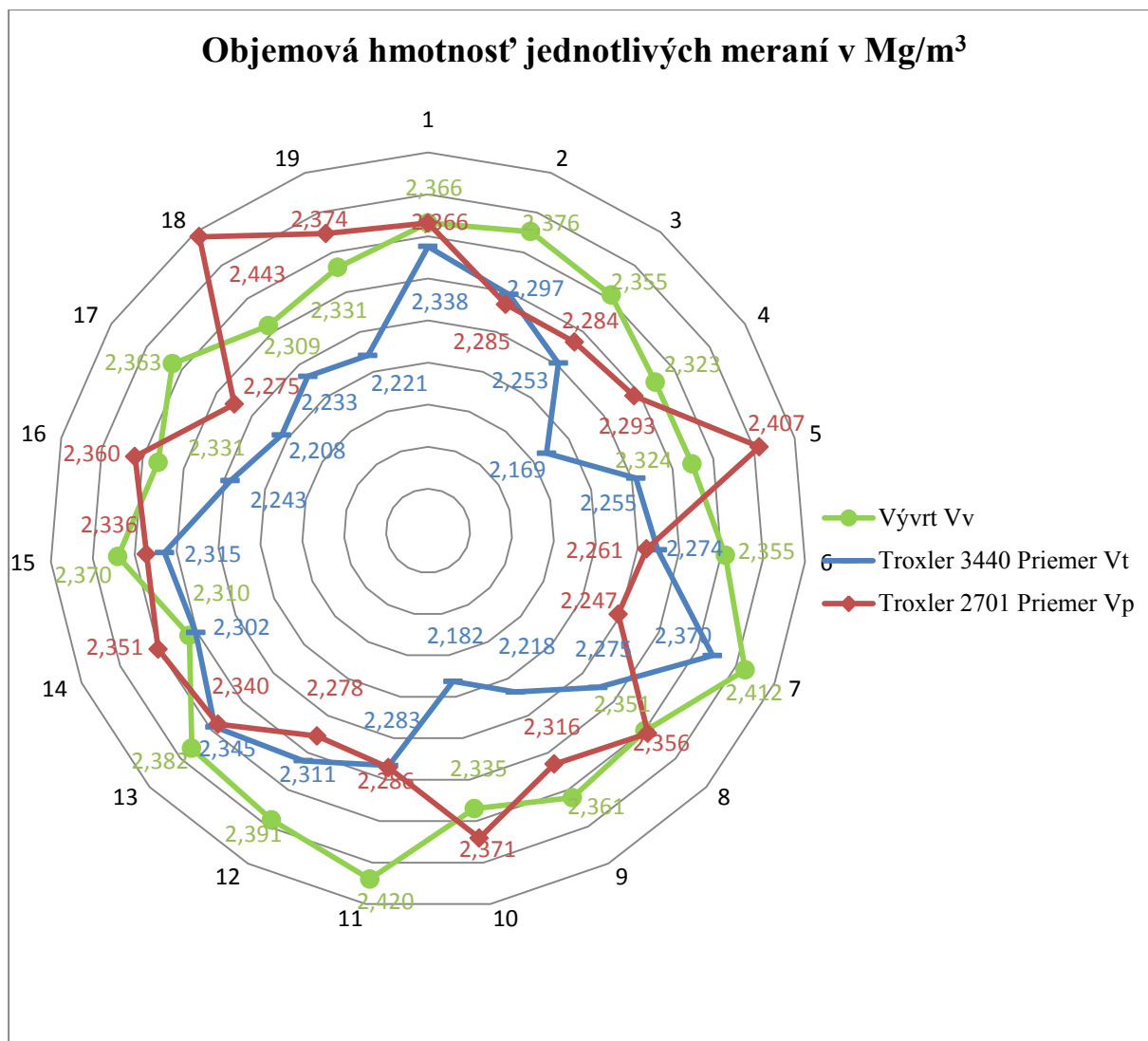
Vp<sub>1</sub>      Zámery vpred neradiometrickou sondou Troxler 2701

Vp<sub>2</sub>      Zámery vzad neradiometrickou sondou Troxler 2701

Vv      Objemová hmotnosť nameraná pomocou spracovania vývrtov

Vt      Priemer objemových hmotností radiometrickou sondou Troxler 3440

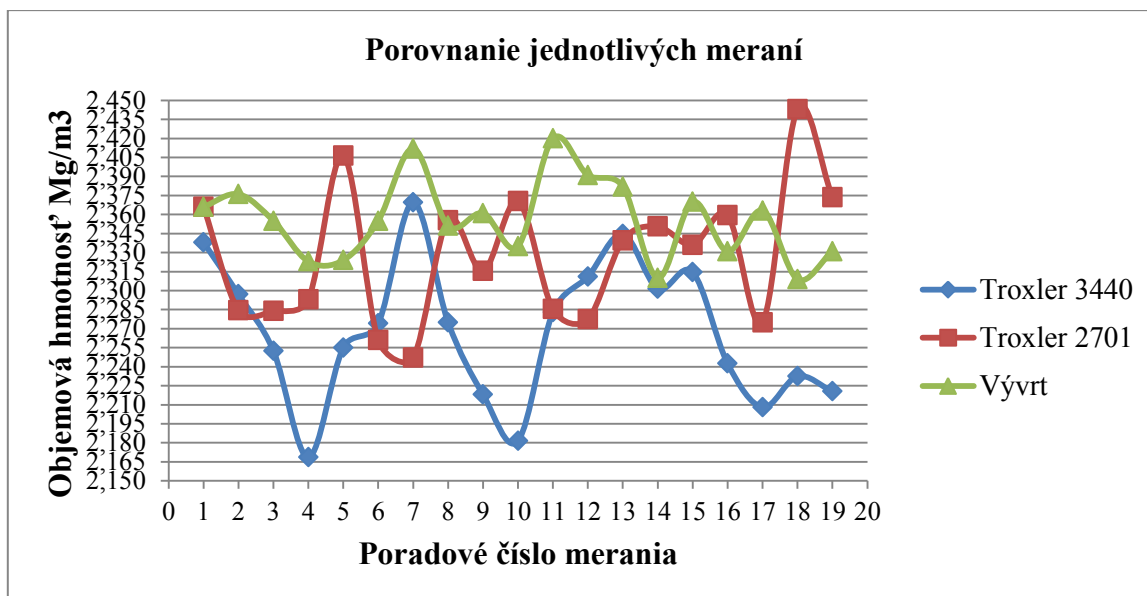
Vp      Priemer objemových hmotností neradiometrickou sondou Troxler 2701



**Obr. 33 Graficky znázornené objemové hmotnosti jednotlivých meraní pre druhý hodnotiaci súbor**

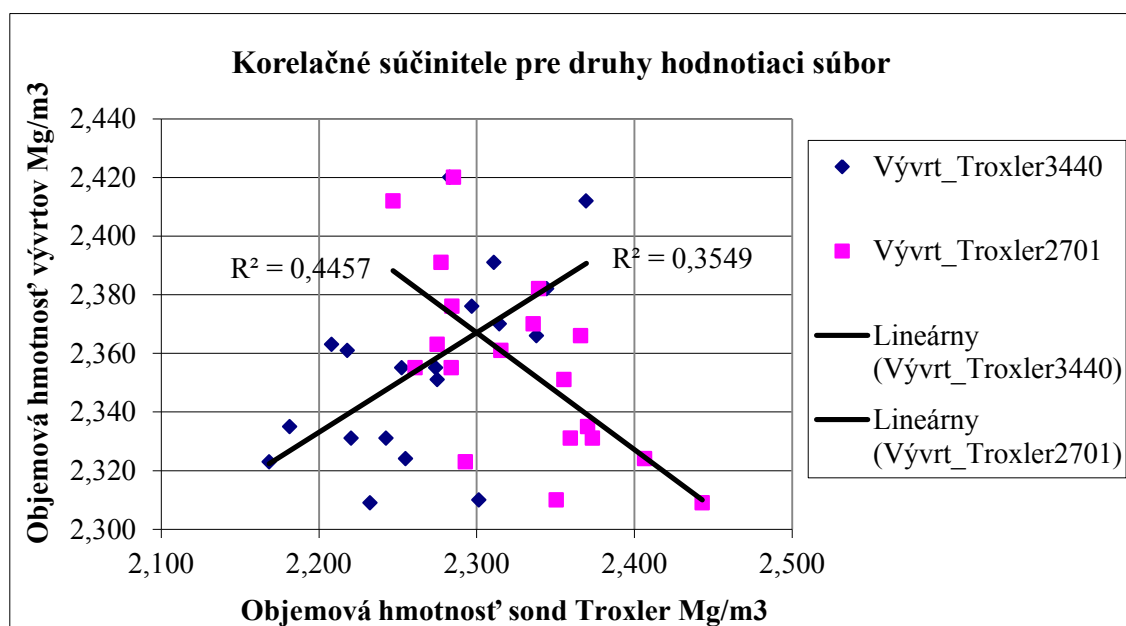
Z grafu na obr. 32 je viditeľné, že sonda Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss dosahovala na ložnej asfaltovej vrstve hrúbku 80 mm, vyššie výsledky objemových hmotností ako sonda Troxler 3440. Presnosť nameraných objemových hmotností pomocou sondy Troxler 3440 bola 42%, čo predstavuje 8 správnych, z 19 meraní. Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss mal na tejto ložnej vrstve lepšie výsledky až 68% presnosť, čo preukazuje 13 správnych meraní z 19. Z grafu taktiež vyplýva, že sonda Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss vo viacerých meraniach preukázala vyššie hodnoty objemových hmotností, ako boli stanovené na vývrtoch. Konkrétne šlo o merania č.5,10,14, 18,19.





**Obr. 34 Graficky porovnané objemové hmotnosti jednotlivých meraní pre druhý hodnotiaci súbor**

Priemerná odchýlka prístroja Troxler 3440 od priemernej objemovej hmotnosti stanovenej na vývrte bola 3,9% čo predstavuje  $0,092 \text{ Mg/m}^3$ . Odchýlka prístroja Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss oproti priemernej objemovej hmotnosti stanovenej na vývrtoch bola iba 1,3%, čo poukazuje na priemernú odchýlku  $0,031 \text{ Mg/m}^3$ .



**Obr. 35 Korelačné súčinitele druhého hodnotiaceho súboru**

Neskôr boli určené korelačné súčinitele pre druhý hodnotiaci súbor. Jednalo sa o porovnanie objemovej hmotnosti na vývrtoch k objemovej hmotnosti stanovenej prístrojmi Troxler. Korelačné súčinitele vychádzali pre jednotlivé merania Troxler vyššie ako pri prvom hodnotiacom súbore. Napriek nárastu korelačných koeficientov sa však tieto koeficienty stále blížili nule. Preto nebola určená žiadna korelačná závislosť medzi jednotlivými meraniami objemovej hmotnosti Troxler.

**Prístroj Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss** dosahoval pri oboch súboroch najväčší rozptyl výsledkov objemových hmotností. Pre prvý hodnotiaci súbor vychádzali hodnoty objemových hmotnosti pre tento prístroj výrazne nižšie, ako hodnoty zistené na vývrtoch. V druhom vychádzali výsledky výrazne vyššie ako objemová hmotnosť zistená na vývrtoch. Pri druhom súbore mala však vplyv na meranie extrémna teplota vzduchu. Z týchto predpokladov vychádza, že sonda Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss preukazovala **nepoužiteľné výsledky** pre kontrolu a stanovovanie objemovej hmotnosti pre obrusnú vrstvu. Avšak sonda Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss by sa mohla používať pri stanovovaní orientačnej miery zhutnenia pri pokladaní ložných vrstiev asfaltových zmesí.

**Prístroj Troxler 3440** dosahoval v prvom hodnotiacom súbore 100% presnosť meraní. Pri druhom hodnotiacom súbore nedosahoval takúto presnosť výsledkov. Aj napriek nepresnosti meraní objemových hmotností nedosahoval veľký rozptyl výsledkov. TPA poukazovalo na zhoršenie výsledkov v prípade merania objemovej hmotnosti na ložnej vrstve, čo sa aj potvrdilo. Napriek nepresným výsledkom merania na ložnej vrstve je tento prístroj **dôležitý pri stanovovaní** miery zhutnenia a meraní objemových hmotností pre obrusnú vrstvu asfaltových zmesí.

Z analýzy dát nameraných na in-situ, nevychádzajú žiadne zreteľné závislosti medzi prístrojmi Troxler a vývrtmi. Veľké rozdiely vo výsledkoch objemových hmotností jednotlivých metód boli pravdepodobne zapríčinené rozdielnymi typmi meracích prístrojov, rozdielnymi styčnými meracími plochami prístrojov a nerovnomernými podmienkami merania. Pre skúmanie závislosti, pokiaľ nejaké existujú, by bolo vhodné tieto merania jednotlivými metódami vykonať v laboratórnych podmienkach. Laboratórnymi podmienkami by sa rozumeli rovnaké podmienky pre prevedenie jednotlivých meraní. Jednalo by sa o rovnakú zmes ideálne zhutnenú, minimálne množstvo pórov, menšie rozostupy medzi jednotlivými meraniami, rovnaká teplota pokladania zmesi, rovnaká teplota merania.

### 3.5 Porovnanie a multikriteriálne vyhodnotenie jednotlivých metód meraní objemovej hmotnosti

Porovnanie a zhodnotenie všetkých výsledkov bolo založené na základe subjektívneho hľadiska. Podklady potrebné pre hodnotenie boli získané z vlastných meraní a skúsenosti pri práci s jednotlivými metódami. Ďalšie podklady a hodnoty boli poskytnuté pracovníkmi TPA. Zostavila sa tabuľka, v ktorej sú štyri hlavné požiadavky na metódy. Tieto požiadavky majú priradenú váhu od 1 do 5, kde 1 je najmenej dôležitá a 5 je najdôležitejšia požiadavka. Ďalej boli hlavné požiadavky rozčlenené na jednotlivé *požiadavky na metódy*. Opäť boli pridelené číselné hodnoty podľa váhy dôležitosti od 1 do 10, kde 1 je najhoršia a 10 najlepšia požiadavka. Hodnoty 1 až 10 sa pre násobili váhou hlavných požiadaviek. Pre násobené hodnoty boli sčítané. Najvyššie hodnoty poukazujú na najvýhodnejšie výsledky pre používanie jednotlivých metód merania objemových hmotností, vid'. Obr.36., Obr.37.

Hlavné požiadavky	Požiadavky na metódy	Deštruktívna metóda	Nedeštruktívne metódy		Váha hlavných požiadavok	Váha požiadavok na metódy		
		Vývrt	Troxler 3440	Troxler 2701		Vývrt	Troxler 3440	Troxler 2701
Výsledky	Skutočnosť výsledkov	100%	73%	43%	5	10	7	4
	Presnosť výsledkov	100%	98,7%	95,0%		10	9	7
	Odchyľky výsledkov	-	0,9%	6,90%		10	8	5
	Priemerná odchyľka výsledkov	-	0,021 Mg/m <sup>3</sup>	0,160 Mg/m <sup>3</sup>		10	8	5
	Spracovateľnosť výsledkov	Laboratórne	Na mieste	Na mieste		5	8	9
suma:						225	200	150
Cena	Cena jedného merania [ Kč ]	1192	186	186	3	3	9	9
	Cena zariadenia [ Kč ]	800 000	300 000	220 000		5	6	8
	Cena kalibrácie [ Kč ]	-	40 000	-		10	4	10
	Cena uvedenia do prevádzky [ Kč ]	2000	80 000	-		9	3	10
suma:						81	66	111

**Obr. 36 Tabuľka váhy, v závislosti na požiadavkách**

Z hlavnej požiadavky na **výsledky** vyšla najlepšie deštruktívna metóda stanovovania objemových hmotností na vývrtach. Jej hlavným nedostatkom bola spracovateľnosť výsledkov, kedy pri stanovovaní objemovej hmotnosti musia byť vzorky odobraté na stavbe odoslané do laboratória. Prístroj Troxler 3440 dosahoval druhé najlepšie výsledky. Pri stanovovaní miery zhutnenia pre jednotlivé stavby dosahovala táto metóda relatívne presné výsledky, kedy vyšli všetky miery zhutnenia na jednotlivých stavbách. Stanovovanie

objemovej hmotnosti podľa prístroja Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss ukazovalo najväčší rozptyl a nepresnosť výsledkov. Pri stanovovaní miery zhutnenia na jednotlivých stavbách pomocou tohto prístroja nevyhovela žiadna stavba na potrebnú mieru zhutnenia podľa ČSN 73 6121.

**Cena** pre prístroj Troxler 2701-B, PaveTracker™ Pluss je výrazne nižšia ako pri ostatných metódach. Hlavnou výhodou je, že tento prístroj nepotrebuje žiadne ďalšie náklady spojené z uvedením do prevádzky a kalibráciou. Druhá cenovo najvýhodnejšia je deštruktívna metóda stanovovania objemovej hmotnosti na vývrtoch. Táto metóda aj napriek relatívne vysokej cene vývrtu, v ktorej je zahrnuté aj vyrvanie do hĺbky 200 mm, zakrytie vývrtu, meranie hrúbky vrstiev, stanovovanie objemovej hmotnosti, nepotrebuje žiadne kalibrácie a jej uvedenie do prevádzky je finančne nízke. Cena uvedenia do prevádzky pri tejto metóde sa rozumie: benzín, olej, brzdová kvapalina, vazelína, voda atď. Finančne najnevýhodnejšia je nedeštruktívna metóda s prístrojom Troxler 3440. Pretože je potrebné pri uvedení do prevádzky vstupná kalibrácia, povolenie štátneho úradu pre jadrovú bezpečnosť. Ďalším finančne náročným procesom je kalibrácia, tento prístroj je nutné posielat' každé dva roky na kalibráciu do Rakúska.

Hlavné požiadavky	Požiadavky na metódy	Deštruktívna metóda	Nedeštruktívne metódy		Váha hlavných požiadavok	Váha požiadavok na metódy		
		Vývrt	Troxler 3440	Troxler 2701		Vývrt	Troxler 3440	Troxler 2701
Čas	Čas merania	5 minút	15 sekúnd	1 sekunda	2	5	8	10
	Čas aktivácie	15 minút	5 minút	2 minúty		4	7	8
	Čas potrebný pre zistenie objemovej hmotnosti	24 hodín	15 sekúnd	1 sekunda		2	9	10
	Perioda rekalibrácie	-	2 roky	2 roky		10	6	6
	Dĺžka prevádzky	20 hodín	8 týždňov	32 hodín		4	10	5
suma:						50	80	78
Ďalšie náklady	Údržba	1 krát ročne	1 krát ročne	1 krát ročne	1	7	7	7
	Energia	Benzín	elektrika	elektrika		6	10	9
	Prostriedky na transport	Automobil s ťažným zariadením	Osobný automobil	Osobný automobil		6	8	8
	Ďalšie náklady	Zaškolený pracovník + náklady spojené z údržbou	Zaškolený pracovník + neutronový dozimeter	Zaškolený pracovník		8	4	10
	Podmienky prostredia merania (dážď, nečistoty, nerovnosť povrchu)	Práca povolená	Práca zakázaná	Práca zakázaná		10	1	1
	Hmotnosť zariadenia	750 kg	13 kg	6 kg		5	8	10
	Hmotnosť celkom	1300 kg	38,5 kg	15 kg		4	7	9
suma:						46	45	54

**Obr. 37** Tabuľka váhy v závislosti na požiadavkách

Z hľadiska **času** sú najvýhodnejšie nedeštruktívne metódy stanovovania objemovej hmotnosti prístrojmi Troxler. Jednalo sa o dobu od aktivácie až po zistenie objemovej hmotnosti. Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss má výhodu v dobe merania, pretože výsledky zobrazuje ihneď po stlačení tlačidla štart. Čo sa týka dĺžky prevádzky, je prístroj Troxler 3440 vo značnej výhode až 8 týždňov. Perióda rekalibrácie obidvoch prístrojov Troxler je 2 roky. Viac časovo náročné je stanovovanie objemovej hmotnosti na vývrtoch, ktorá sa vyhotovuje v laboratóriu. Jednalo sa o čas potrebný pre prípravu, nastavovanie vŕtacieho zariadenia, dobu samotného vŕtania, odobratia, zaplnenia vývrtu. Oproti nedeštruktívnym metódam má však výhodu, že nie je potrebná rekalibrácia, pretože tieto problémy sú priamo spojené z údržbou samotného vŕtacieho zariadenia.

V **d'alších nákladoch** sú myslení zaškolení pracovníci, ktorí dokážu pracovať s prístrojmi a zariadeniami potrebnými k určovaniu objemových hmotností. Ďalšími nákladmi u prístroja Troxler 3440 je osobný dozimeter, slúžiaci na meranie dávkových ekvivalentov neutrónov. Tieto hodnoty dozimetrov sa odosielajú každý mesiac k vyhodnoteniu do celoštátnej služby osobnej dozimetrie. Ďalej je potrebné povolenie štátneho úradu pre jadrovú bezpečnosť, pre prevoz a prácu s prístrojom. Najmenej náročný na náklady vyšiel prístroj Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss k jeho prednosti patrí nízka hmotnosť, 6 kg a tým aj zaručená ľahká manipulácia s prístrojom. Obidva prístroje fungujú na elektrickú energiu, na prevoz stačí osobný automobil, ich údržba je potrebná aspoň raz ročne. Týmto dvomi prístrojmi je zakázaná práca pri nepriaznivých podmienkach prostredia merania. Vŕtacia súprava sa môže používať aj v prípade nepriaznivých podmienkach prostredia merania. Táto súprava je poháňaná štvortaktovým benzínovým motorom, taktiež je opatrená hydraulickým zariadením, a tým vznikajú ďalšie náklady spojené s údržbou. Nevýhodou je veľká hmotnosť a s tým spojená ťažká manipulácia so súpravou. Pre manipuláciu a prevoz je potrebný automobil s ťažným zariadením.

## 4 Záver a odporúčanie

Úlohou diplomovej práce bolo stanovenie miery zhutnenia asfaltových vrstiev deštruktívnymi a nedeštruktívnymi metódami a ich vzájomným porovnaním.

Bola nameraná objemová hmotnosť a stanovená miera zhutnenia pre jednotlivé stavby podľa ČSN 73 6121, nedeštruktívnymi metódami prístrojmi Troxler. Miera zhutnenia vyhovela iba podľa prístroja Troxler 3440. Prístroj Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss bol vyhodnotený ako nepoužiteľný pre kontrolu miery zhutnenia.

Zostavili sa dva hodnotiace súbory, u ktorých boli určené graficky rozdiely meraní objemových hmotností v mieste vývrtov. Prístroj Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss dosahoval veľký rozptyl výsledkov a bol vyhodnotený ako nepoužiteľný pri meraní objemovej hmotnosti na obrusnej vrstve.

Ďalej boli porovnané a multikriteriálne zhodnotené jednotlivé deštruktívne a nedeštruktívne metódy merania objemových hmotností.

Deštruktívna metóda pomocou vrtacej súpravy 60-100 je náročná z finančného a časového hľadiska, avšak dosahuje najpresnejšie výsledky. Takisto slúži investorovi ku zisteniu hrúbky vrstvy, a tým k jeho kontrole vynaložených finančných prostriedkov. Táto metóda sa bude používať stále, ale v budúcnosti sa bude pokúšať obmedziť narušenie celistvosti obrusnej vrstvy tak, že na obruse sa bude vykonávať vývrt čo 5000 m<sup>2</sup>.

Nedeštruktívne metódy majú nahradzovať deštruktívne, ale touto prácou je preukázané, že nie všetky nedeštruktívne metódy dosahujú požadovanú presnosť výsledkov objemových hmotností a tým spojenú mieru zhutnenia. Prístroj Troxler 2701-B, PaveTracker<sup>TM</sup> Pluss je nevhodný pre stanovovanie miery zhutnenia, nedoporučuje sa používať! Prístroj však môže byť využívaný pre stanovovanie priebežnej objemovej hmotnosti ložných vrstiev pri pokládke.

Na stanovovanie miery zhutnenia a objemových hmotností jednotlivých vrstiev je odporúčaná sonda Troxler 3440, ktorej výsledky a čas sú vyhovujúce, avšak nevýhoda pri tomto prístroji je vysoká cena, či už kalibrácie, údržby alebo pri dodržiavaní bezpečnostných predpisov.

## **Pod'akovanie**

Rád by som pod'akoval Ing. Denise Cihlárovej, Ph.D. za odborné vedenie a cenné rady, ktoré mi pomohli pri písaní tejto diplomovej práce.

Moje pod'akovanie taktiež patrí celému kolektívu TPA pod vedením Ing. Vladimíry Pchálkovej, k zapožičaniu meracích prístrojov a k poučeniu o problematike hutnenia asfaltových zmesí. Ďalej sa chcem pod'akovať Ing. Jane Boháčovej za konzultácie.

Takisto chcem pod'akovať celej mojej rodine, priateľom, priateľke a známym.

## **Zoznam použitej literatúry**

### **Kniha:**

[1] BELOŠOVIČ, CSC., Ing. Štefan. A KOLEKTÍV. Cestné a železničné laboratórne cvičenia. 1. vyd. Martin: NADAS závod 01, 1990. ISBN 80-7100-022-1.

### **Normy:**

[2] ČSN EN 13108-1. Asfaltové směsi-Specifikace pro materiály: Část1: Asfaltový beton. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2008.

[3] ČSN 73 6160. Zkoušení asfaltových zmesí. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2008, 24 s.

[4] ČSN EN 12697-30. Asfaltové směsi-Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 30:Příprava zkušebních těles rázovým zhutňovačem. 1. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.

[5] ČSN 73 6121. Stavba vozovek-Hutněné asfaltové vrstvy: Provádění a kontrola shody. 1. vyd. Praha: Český normalizační institut, 2008.

[6] ČSN EN 12697-6. Asfaltové směsi-Zkušební metody pro asfaltové směsi za horka: Část 6:Stanovenie objemovej hmotnosti asfaltového zkušebního tělesa. 1. vyd. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 16 s.

### **Článek:**

[7] MONDSCHNEIN, PH.D., Ing.Petr, Ing.Jan VALENTIN.PH.D. a Ing.Pavla VACKOVÁ. Hutnění asfaltových změsí v laboratoři: Vliv hutnění na chování asfaltových směsí. Asfaltové vozovky. 2014, č. 1, s. 5. DOI: 1E01020168.

### **Prednáška:**

[8] MONDSCHNEIN PH.D., Ing. Petr. ČVUT, FSv, Katedra silničních staveb. Asfaltové směsi: Rozdělení, výroba, pokládka, hutnění [online]. 1. vyd. 2012 [cit. 2014-10-27]. Dostupné z: <http://d2051.fsv.cvut.cz/predmety/stpk/p-asfaltovesmesi.pdf>

### **Návody:**

[9] BFI PRAHA S.R.O. Návod k obsluze: Troxler 3440. Praha 10. U plynárny 95, 1993.



[10] BFI PRAHA S.R.O. Návod k obsluze: Troxler 2701-B, PaveTrackerTM Pluss. Praha 10. Zábiehlícká 1916/20, 2007.

[11] BFI PRAHA S.R.O. *Návod k obsluze: Silničná vrtačka typu 60-100*. Praha 10. U Plynárny 95, 2005.

## **Zoznam obrázkov**

Obr. 1 Kovový vibračný tandemový valec .....	11
Obr. 2 Pneumatikový valec [8].....	12
Obr. 3 Schéma hutnenia priečných spojov [8].....	13
Obr. 4 Schéma hutnenia pozdĺžnych spojov [8].....	14
Obr. 5 Schéma hutnenia pozdĺžnych spojov [8].....	15
Obr. 6 Sonda Troxler 3440.....	20
Obr. 7 Referenčný blok.....	20
Obr. 8 Polohy žiariča sondy Troxler 3440.....	22
Obr. 9 Troxler 3440 na referenčnom bloku.....	22
Obr. 10 Žiarič sondy Troxler 3440.....	23
Obr. 11 Sonda Troxler 2701-B, PaveTrackerTM Plus, prepravná schránka.....	25
Obr. 12 Sonda Troxler 2701-B, PaveTrackerTM Pluss teleskopickým ramenom.....	26
Obr. 13 Troxler 2701-B, PaveTrackerTM Pluss kruhová meracia doska na dne sondy.....	27
Obr. 14 Cestná vrtačka typu 60 – 100.....	28
Obr. 15 1. Cestná vrtačka typu 60 – 100, 2. Troxler 3440, 3. Troxler 2701-B, PaveTrackerTM Pluss, 4. Digitálne meracie koleso.....	30
Obr. 16 Súčasti cestnej vrtačky typu 60 – 100, 1.Vrtacia korunka, 2.Hydraulická plošina, 3.Chladenie vodou, 4. Paka vedenia korunky.....	32
Obr. 17 Pomôcky a materiály potrebné k zaplneniu vývrtu.....	33

Obr. 18 Postup při vyplnění a uzavření vývrtu.....	33
Obr19. Kovová sušiareň.....	34
Obr. 20 Rázový zhutňovač – 1. Základné zdvíhacie zariadenie s motorovým pohonom pre hutniaci baran a počítadlo úderov; 2. Hutniaci pech s valcovou vodiacou tyčou hutniaceho barana; 3. Excentrická vačka upínacieho zariadenia; 4. Podkladná doska formy pre hutnenie, na ktorú sa upevňuje forma; 5. Zhutňovací podstavec; 6. Pätky; 7. Oceľová podkladná doska.....	35
Obr. 21 Výtlačné zariadenie.....	36
Obr. 22 1. Digitálne váhy; 2. Vodný kúpeľ; 3. Textília na osušenie vzorky 4. Teplomer.....	37
Obr. 23 cesta III/4673 Štítina – Děhylov.....	39
Obr. 24 Grafické porovnanie metód.....	41
Obr. 25 cesta II/467 Štítina - Kravaře – Štěpánkovice – Koberžice.....	42
Obr. 26 Grafické porovnanie metód.....	44
Obr. 27 cesta II/467 Klimkovice – Ostrava – Poruba.....	45
Obr. 28 Grafické porovnanie metód.....	47
Obr. 29 Grafické znázornenie meraní pre prvý hodnotiaci súbor.....	51
Obr. 30 Graficky a číselne znázornená priemerná objemová hmotnosť na jednotlivých stavbách.....	52
Obr. 31 Graficky porovnané objemové hmotnosti jednotlivých meraní.....	53
Obr. 32 Korelačné súčinitele prvého hodnotiaceho súboru.....	54
Obr. 33 Graficky znázornené objemové hmotnosti jednotlivých meraní pre druhý hodnotiaci súbor.....	56
Obr. 34 Graficky porovnané objemové hmotnosti jednotlivých meraní pre druhý hodnotiaci súbor.....	57
Obr. 35 Korelačné súčinitele druhého hodnotiaceho súboru.....	57
Obr. 36 Tabuľka váhy v závislosti na požiadavkách.....	59
Obr. 37 Tabuľka váhy v závislosti na požiadavkách.....	60

## **Zoznam tabuliek**

Tabuľka č.1 Požadované parametre zhutnenia [5].....	16
Tabuľka č.2 Namerané hodnoty jednotlivých metód.....	39
Tabuľka č.3 Rozdiely jednotlivých metód.....	40
Tabuľka č.4 Miera zhutnenia pre danú stavbu.....	41
Tabuľka č.5 Namerané hodnoty jednotlivých metód.....	43
Tabuľka č.6 Rozdiely jednotlivých metód.....	44
Tabuľka č.7 Miera zhutnenia pre danú stavbu.....	45
Tabuľka č.8 Namerané hodnoty jednotlivých metód.....	46
Tabuľka č.9 Rozdiely jednotlivých metód.....	47
Tabuľka č.10 Miera zhutnenia pre danú stavbu .....	48
Tabuľka č.11 Prvý hodnotiaci súbor ACO 11+, hrúbky 50 mm.....	49
Tabuľka č.12 Rozdiely jednotlivých metód pre prvý hodnotiaci súbor.....	50
Tabuľka č.13 Namerané hodnoty a ich rozdiely presností pre druhý hodnotiaci súbor.....	55

